

# **Colloquium Kustzonebeheer vanuit geo-ecologische en economische invalshoek**

---

16-17 mei 2002  
Feest- en Cultuurpaleis,  
Oostende

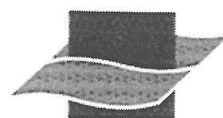
---

VLIZ  
SPECIAL PUBLICATION 10  
2002

*Georganiseerd door:*



Genootschap van Geologen  
van de Universiteit Gent (GGG)



Vlaams Instituut voor de Zee

## GEÏNTEGREERD KUSTZONEBEHEER VEREIST GEÏNTEGREERD INFORMATIEBEHEER: IMIS ALS HULPMIDDEL VOOR ICZM

Edward Vanden Berghe, Jan Schrijvers, Jan Seys & Jan Mees

dr. Edward Vanden Berghe, dr. Jan Schrijvers, dr. Jan Seys & dr. Jan Mees

Vlaams Instituut voor de Zee. Vismijn. Pakhuizen 45-52, B-8400 Oostende. Tel. +32-(0)59-34 21 30; Fax +32-(0)59-34 21 31. E-mail: [info@vliz.be](mailto:info@vliz.be). Web: <http://www.vliz.be>

Het is belangrijk om data en informatie zo breed mogelijk te benutten en zo juist mogelijk te richten teneinde een geïntegreerd beheer van de kustzone (geïntegreerd kustzonebeheer of GKZB) een kans te geven. In de eerste plaats moeten we de informatie brengen op een manier die relevant en begrijpbaar is voor de beleidsmaker, zonder hem/haar te confronteren met een overvloed aan details. Het op maat snijden van informatie komt uiteindelijk neer op de ontwikkeling van toegankelijke en transparante informatie. De aanpak van een dergelijke informatiedoorstroming moet gebeuren op drie niveau's:

- filteren van informatie en bundelen in dossiers (verticale hiërarchie)
- categoriseren van informatie in entiteiten (horizontale doorsnede)
- controleren van kwaliteit van informatie

### 1. Algemene context: wat is nodig?

Om gegevensreeksen te vertalen in informatie, die dan op haar beurt kan vertaald worden naar het beleid toe, hebben we een 'knowledge management infrastructure', of kennisbeheerssysteem nodig. In een eerste deel van deze bijdrage gaan we in op wat de elementen van zo'n kennisbeheerssysteem moeten zijn.

#### 1.1. Dossiers

De informatie die nodig is om een efficiënt GKZB-proces uit te bouwen doorloopt een verticale hiërarchie<sup>1</sup>. Data (institutioneel, economisch, sociaal, milieukundig, etc.) worden slechts bruikbaar wanneer geplaatst in een context zodat ze betekenis en vooral relevantie krijgen. De zo bekomen informatie kan geanalyseerd, geëvalueerd en bediscussieerd worden en vormt zo de basis voor begrip of inzicht. Uiteindelijk dienen begrip of inzicht gekoppeld te worden aan beheer steunend op een voldoende sterke bestuurlijke en publieke verankering.

Reeds op het niveau van data wordt het dus belangrijk om te vertrekken vanuit een contextuele benadering<sup>2</sup>. Een conflictgedreven analyse van een paar zorgvuldig geselecteerde aspecten die belangrijke gevolgen hebben voor de kustmaatschappij, samen met een participatie van belanghebbenden, zal uiteindelijk leiden tot het kiezen van relevante dossiers<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Doody, J.P., C.F. Pamplin, C. Gilbert & L. Bridge (1998). Information required for Integrated Coastal Zone Management. European Union Demonstration Programme on Integrated Management in Coastal Zones: thematic study F, 71 pp.

<sup>2</sup> Zie algemeen: Coastal Management Policy Programme. Coastal Policy Green Paper zoals ingediend door de Policy Committee bij The South African Department for Environmental Affairs and Tourism (DEAT) in september 1998

<sup>3</sup> Olsen, S. (1993). Will Integrated Coastal Management Programs Be Sustainable: the Constituency Problem. *Ocean and Coastal Management* 21: 201-225.

## 1.2. Entiteiten

De horizontale benadering werkt vanuit pools van data op verschillende niveau's<sup>4</sup>. De data worden in omliggende entiteiten ondergebracht. In eerste instantie moeten een geografische aflijning, en een ruimtelijke en temporele schaalkeuze in overweging genomen worden. Een dossier dat gedetecteerd werd via een knelpuntenanalyse zal in tweede instantie gekarakteriseerd dienen te worden door een aantal entiteiten om het contextueel te plaatsen, te analyseren en participatief bereikbaar te maken.

Overleg omtrent een bepaald dossier zal o.a. aanleiding geven tot een gamma aan indicatoren die ondersteund worden door datasets en kaarten. Het doel van indicatoren is om vanuit een uitgebreide datapool informatie aan te bieden op een overzichtelijke, begrijpelijke en vooral algemeen aanvaarde manier<sup>5</sup>. Een aantal indicatoren worden dan uitgeselecteerd, en dient de stap naar beleidsondersteunend advies mogelijk te maken. Bij de selectie moet men rekening houden meteen aantal belangrijke criteria zoals de beschikbaarheid en toegankelijkheid, het evenwicht tussen indicatoren, en de participatie<sup>6</sup>.

## 1.3. Kwaliteit

Een derde niveau legt de nadruk op de kwaliteit van de data die het systeem dienen te voeden. Dit duidt vooral op het gebruiksklaar zijn van de gegevens ('fitness for use'). Het komt er in de eerste plaats op neer de informatiekwaliteit nauwkeurig te documenteren door een consequente beschrijving te geven van het kwaliteitsproces dat de gegevens doorlopen hebben en de standaards die werden vooropgesteld.<sup>7</sup>

## **2. Wat kan het VLIZ aanbieden?**

Het is vooral de IMIS-databank (Integrated Marine Information System, zie 3) die binnen de context van GKZB interessant wordt. IMIS is een databank die informatie aangaande expertise en organisaties, projecten, conferenties, literatuur, infrastructuur en gegevensreeksen bundelt en integreert. IMIS wordt gevoed en onderhouden door het Vlaams Marien Data- en Informatiecentrum van het VLIZ. De verschillende types van informatiebronnen ('entiteiten') komen overeen met verschillende modules in het systeem met elk een karakteristieke toegang tot de databank. Het is dan ook vanzelfsprekend dat IMIS, mits een gerichte aanpassing en uitbreiding, een kennisbeheerssysteem voor GKZB zou kunnen aanbieden.

### 2.1. Dossiers

Het VLIZ kan de gerichte stroom aan informatie rond een kustdossier op een intelligente manier opvangen, beheren en herverdelen. Er wordt binnen dit kader in de eerste plaats verwezen naar de introductie van een

---

<sup>4</sup> Zie rapport op cit n 1

<sup>5</sup> "Terra-workshop on indicators as a tool for managing and monitoring a sustainable local and regional planning process" gehouden in Brussel op 18 november 1999 (in Terra Special Newsletter februari 2000)

<sup>6</sup> Paredis, E. & T. Block (2001). Op weg naar duurzaamheidsindicatoren voor het kustgebied. Centrum voor Duurzame Ontwikkeling (UG) in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (Adm Waterwegen en Zeewezen, Afd Waterwegen Kust), 64 pp.

<sup>7</sup> Biodiversity Conservation Information System (2000). Framework for Information Sharing. Volume 6: Standards & Quality Assurance. Busby, J.R. (Series Editor).

nieuwe entiteit 'dossiers' binnen IMIS ('issue' zoals voorgesteld door BCIS, 2000).<sup>8</sup> Aan deze nieuwe informatiebron zal automatisch een basisset van 'beschrijvers' gekoppeld worden (titel, beschrijving, locatie en contactpersoon). Dit visitekaartje van het dossier is de eerste schil van GKZB-informatie binnen IMIS en moet in het teken staan van een praktische toegankelijkheid.

## 2.2. Entiteiten

Naast de elementaire beschrijvers van het dossier zal de inhoudelijke analyse vertaald moeten worden in een extra reeks van entiteiten als tweede schil van IMIS: 'basisentiteiten' zoals plaatsen, personen, organisaties, documenten, projecten en evenementen, 'entiteiten rond data' zoals indicatoren, kaarten en datasets, en 'achtergrondentiteiten' zoals regelgeving, gebruiken, gevallenstudies, 'habitats' en instrumenten. De inhoudelijke invulling zal het strikt zeewetenschappelijke moeten overstijgen, met nu ook aandacht voor intersectorale en andere dan milieusectorale aspecten.

Zoals eerder vermeld kan een reeks indicatoren een dossier onderbouwen, analyseren en bediscussiëren. De module 'indicatoren' moet dan ook gezien worden als één van de voornaamste nieuwe entiteiten die aan IMIS wordt toegevoegd. Per geselecteerde indicator zal er vervolgens een set van beschrijvers gepresenteerd dienen te worden. Deze set moet zorgen voor een eenduidige interpretatie van de indicator zodat identificatie-, definitie- en interpretatieproblemen vermeden worden.

## 2.3. Kwaliteit

Het kwaliteitslabel dat aan de entiteiten 'indicatoren', 'datasets' en 'kaarten' wordt toegekend is een essentieel onderdeel van het systeem. Het kwaliteitslabel zal vooral aandacht besteden aan gegevens omtrent toegankelijkheid, tekortkomingen en/of beperkingen, beschikbaarheid, validiteit, relevantie, en vergelijkbaarheid.

## **3. Integrated Marine Information System**

IMIS is geconcipieerd om alle informatie, relevant voor mariene en kustgebonden aspecten, in kaart te brengen. Deze informatie wordt ondergebracht in aparte modules. Reeds bestaande modules zijn die voor 'personen', 'instituten', 'publicaties', 'projecten', 'conferenties' en 'datasets'. Alle modules zijn onderling gelinkt. De informatie opgeslagen in IMIS vormt een netwerk, dat kan vergeleken worden met een wegenkaart. De nieuw voorgestelde entiteit 'dossiers' kan vergeleken worden met een routeplanner, die aangeeft welk van de wegen in ons netwerk leiden tot de informatie die hier en nu nodig is. De uitbreiding van IMIS naar een kennisbeheerssysteem voor GKZB is een voorbeeld van de flexibiliteit van IMIS.

---

<sup>8</sup> Biodiversity Conservation Information System (2000). Framework for Information Sharing. Volume 5: Metadata. Busby, J.R. (Series Editor).



### 3.1 Bestaande entiteiten binnen IMIS

#### 3.1.1 Entiteiten 'personen' en 'instituten'

Bij het ontwikkelen van het datamodel voor de module 'personen' werd rekening gehouden met de structuur van 'GLODir' (Global Directory of Marine Professionals), de 'Blue Pages' en van EDMED (European Directory of Marine Environmental Data). Blue pages is een initiatief van het Australisch Oceanografisch Datacentrum, een belangrijke speler binnen het IODE (International Oceanographic Data and Information Exchange) netwerk van IOC (Intergovernmental Oceanographic Committee) van UNESCO. EDMED was een voorloper van de Blue Pages, maar wordt nu nog gebruikt door een aantal Europese organisaties, o.a. ook in België. GLODir is een initiatief van het IOC, en is een wereldwijde personendatabank met gegevens over mariene wetenschappers.

De structuur voor de module 'instituten' is uitwisselbaar met die van GLODir en Blue Pages. 'Personen' worden gelinkt aan deze entiteit via hun 'functie'.

#### 3.1.2 Entiteit 'publicaties'

Deze structuur is gebaseerd op die gebruikt door FAO (Food and Agriculture Organization van de Verenigde Naties), om de 'Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts' (ASFA) samen te stellen. ASFA is een van de meest gebruikte collecties abstracts gebruikt in de mariene wetenschappen.

Samen met de structuur van ASFA worden ook een aantal lijsten (standaard lijst van tijdschriften, geografische descriptoren, thesaurus, etc.) overgenomen. Uitwisselbaarheid tussen databanken is immers niet enkel belangrijk op niveau van de datastructuur. Er moeten gemeenschappelijke regels voor het invullen van gegevens zijn.

Nu reeds bestaan verschillende types van publicatie waar extra informatie kan voor opgeslagen worden: wetenschappelijke artikels (met een link naar auteur(s), uitgevers en institutionele affiliatie); proceedings (met een link naar 'conferenties'), project rapporten (met een link naar 'projecten') en thesissen/verhandelingen (met een link naar de modules 'personen' en 'instituten', voor respectievelijk de begeleiders/promotoren en het laboratorium/de instelling waarbinnen het werk uitgevoerd en verdedigd werd). In het kader van de 'dossiers' zal het waarschijnlijk nodig zijn deze lijst verder uit te breiden met cartografisch materiaal, en met wetteksten.

#### 3.1.3 Entiteiten 'projecten' en 'conferenties'

Vermits geen van beide entiteiten konden terugvallen op een relevant voorbeeld van structuur, moest een eigen model ontwikkeld worden. Ondertussen zijn wel reeds projectgegevens beschikbaar vanuit de Vlaamse IWETO (Inventaris van Wetenschappelijk en Technologisch Onderzoek) en TWOL (Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek Leefmilieu) databanken.

Verantwoordelijken voor projecten en conferenties, opdrachtgevers en sponsors en hun institutionele affiliatie vormen links met 'instituten' en 'personen'. Ook voor de opdrachtgever of sponsor is er een link met 'instituten'. Rapporten van projecten en proceedings van conferenties zijn gelinkt aan de publicaties. Invoer in de module

'conferenties' kan verruimd worden om ook workshops, studiedagen, informatie- en inspraakmomenten te omvatten. Tegelijk zou de module omgedoopt worden tot 'evenementen'.

#### 3.1.4. Entiteit 'datasets'

Voor deze component werd de structuur gebruikt van de Marine Environmental Data and Information Referral System (MEDI), een activiteit van IODE. MEDI is op zijn beurt compatibel met de Global Change Master Directory (GCMD) van NASA.

Links met de modules 'personen' en 'instituten' zijn er via de beheerder van de dataset en zijn instituut, de verzamelaar van de gegevens en zijn instituut, eventueel via relevante projecten'.

### 3.2 Nieuw te ontwikkelen entiteiten

Zoals reeds gezegd zal het nodig zijn bepaalde entiteiten aan te passen, en nieuwe te creëren, teneinde alle informatie relevant voor GKZB te kunnen capteren. Hieronder worden de nieuwe entiteiten 'dossiers', 'indicatoren' en 'attributen' besproken. Ook voor 'kaarten', 'locaties', 'plaatsen', 'habitats', 'gebruiken', 'instrumenten' en 'regelgeving' zijn nieuwe entiteiten nodig, of aanpassingen aan bestaande; we zullen hierop niet verder ingaan.

#### 3.2.1 Entiteit 'dossiers'

Er wordt binnen dit kader in de eerste plaats verwezen naar de introductie van een nieuwe entiteit binnen IMIS. Deze nieuwe bron van informatie krijgt de entiteitsnaam 'dossiers' mee.<sup>9</sup> Aan deze nieuwe informatiebron zal automatisch een nieuwe set van beschrijvers gekoppeld moeten worden. De beschrijvers zullen inhoudelijk gevoed worden vanuit het proces dat het coördinatiepunt doorloopt. De meest elementaire beschrijvers die in eerste instantie vermeld dienen te worden zijn:

- Titel: naam van het dossier
- Beschrijving: beschrijving van het dossier
- Locatie: plaats(en) waarop het dossier betrekking heeft
- Contact: contactpersoon voor meer informatie over het dossier

Deze nieuwe entiteit met haar beperkte set van elementaire beschrijvers moet gezien worden als het visitekaartje van het dossier langs waar IMIS toegang biedt tot een onderliggende wereld van informatie en netwerking. Verdere informatie over het dossier wordt ingevuld via links:

- Links met andere 'dossiers': zowel naar gerelateerde dossiers, als naar sub- of superdossiers.
- Links met andere entiteiten: 'indicatoren', 'personen', 'instituten', 'publicaties', 'evenementen', 'projecten', 'datasets', 'kaarten', 'plaatsen', etc.

---

<sup>9</sup> Biodiversity Conservation Information System (2000). Framework for Information Sharing. Volume 5: Metadata. Busby, J.R. (Series Editor).

### 3.2.2 Entiteit 'indicatoren'

Indicatoren zijn synthetische en representatieve weergaven van een complexer geheel van verschijnselen, bij voorkeur meetbaar gemaakt op een kwantitatieve schaal. Bovendien moeten de cijfers kunnen geïnterpreteerd worden, een duidelijke betekenis hebben in het kader van een dossier<sup>10</sup>. Het is via de indicatoren, en de primaire datasets waarvan deze indicatoren zijn afgeleid, dat een dossier onderbouwd wordt met feiten en bevindingen.

Het aantal indicatoren per dossier kan sterk oplopen, en er moet vanuit de basislijst een selectielijst met sleutelindicatoren bekomen worden zoals ook aangehaald door het CDO (2001)<sup>11</sup>. Per geselecteerde indicator zal er vervolgens een set van beschrijvers gepresenteerd dienen te worden. Er zijn twee aspecten verbonden aan de uitwerking van een dergelijke set; een eenduidige omschrijving (het visitekaartje van de indicator), en de omschrijving van de relatie tussen de indicator en de onderliggende datasets (via 'attributen').

Een eenduidige interpretatie van de indicator moeten zorgen dat identificatie-, definitie- en interpretatieproblemen vermeden worden. Het kan gedefinieerd worden door de volgende beschrijvers:<sup>12</sup>

- Titel: naam van de indicator
- Definitie: bondige en eenduidige beschrijving van de indicator
- Meeteenheid: maat, hoeveelheid of grootheid voor de indicator
- Meetniveau/resolutie: ruimtelijke en temporele schaal
- Statistisch niveau: ratio, interval, ordinaal, nominaal
- Betekenis: relatie tussen de indicator en het dossier waarvoor ze vermeld wordt
- Evaluatie: beoordeling van de evolutie van de data

In tweede instantie zal de set van beschrijvers moeten wijzen op de kwaliteit, beschikbaarheid en relevantie van de indicator. Dat niveau van gegevens is ook belangrijk voor de entiteiten 'datasets' en 'kaarten'.

Naast de basisbeschrijving zoals hierboven weergegeven, zullen de informatiebronnen nog eens extra uitgerust worden met een zgn. set van 'attributen', die de relatie leggen tussen de 'indicatoren' en de 'datasets' waarop deze gebaseerd zijn.

### 3.2.3 Entiteit 'attributen'

Een tweede deel van de set van beschrijvers zal dus moeten wijzen op de datakwaliteit, het datagebrek, de validiteit, de relevantie voor de betrokken beleidsdomeinen, de vergelijkbaarheid in tijd en ruimte, etc. Het CDO (2001) geeft een mogelijke aanvulling van de set van beschrijvers voor 'attributen'.<sup>13</sup>

- Indicator: met welke indicator wordt een relatie gelegd?

---

<sup>10</sup> Zie rapport op. cit. n 7

<sup>11</sup> Zie rapport op cit n 7

<sup>12</sup> Zie Schema 1: Standaardfiche voor IDO's in rapport op cit n23, met aanpassingen in functie van de ter discussie staande vraagstelling

- Primaire databron: oorsprong van de data (link naar datasets)
- Beschikbaarheid: welke instelling levert de data (link naar organisaties)
- Datagebrek: ontbrekende data
- Kostprijs: wat kosten de gevraagde gegevens
- Datakwaliteit
  - Betrouwbaarheid: mate van nauwkeurige uitvoering van primaire verzameling
  - Validiteit: geldigheidsproblemen verbonden aan het gebruik van deze data
  - Vergelijkbaarheid: in welke mate is het mogelijk om in tijd en ruimte vergelijkingen te maken?

#### 4. Voorbeelden

Om het voorgaande enigszins concreter te maken werden twee voorbeeld-dossiers uitgewerkt. De thema's voor de dossiers werden gekozen op basis van de expertise die in VLIZ aanwezig is – niet op basis van prioriteit of belang die we aan het dossier hechten. In wat volgt werd niet het volledige dossier opgenomen – elk van de twee dossiers beslaat meer dan tien bladzijden – maar werd een selectie gemaakt uit de verschillende entiteiten.

##### 4.1 Dossier Oostendse Spuikom

Beschrijving: [...]

Locatie: Haven Oostende

Gerelateerde dossiers: Waterrecreatie op zee; Mariene aquacultuur

Contact: Jan Mees

Entiteiten:

Plaatsen: Oostendse Spuikom

Personen: ...

Organisaties: Administratie Waterwegen en Zeewezen: afdeling Waterwegen Kust; Stad Oostende: vergunningenbeleid; Stad Oostende: sportdienst; ...

Documenten:

- Samenwerkingsovereenkomst betreffende de watersportactiviteiten en de visrechten op de Spuikom (overeenkomst tussen WWK en Stad Oostende)
- ...

Projecten:

- Opstellen van een gebiedsvisie en actieplan voor de Spuikom te Oostende
- Aquacultuuronderzoek en ontwikkeling in de Regio de Middenkust
- Haven te Oostende – Spuikom: studie krijtbehandeling slib

Evenementen:

- VLIZ Studiedag Spuikom 8-12-2000

Datasets: onderzoek waterkwaliteit open zwem- en recreatiewaters VMM, ...

Kaartmateriaal: GIS-kaart, luchtfoto, stratenplan Oostende

---

<sup>13</sup> Zie rapport op cit n46

Regelgeving:

- 'Schelpdierwater'
- ...

Gebruiken:

- Economische:
  - Aquacultuur-oesterkweek (Oostende NV en vzw Pronad)
  - Elektriciteitsproductie (windturbines, getijdencentrale)
- Recreativele:
  - Watersport: 6 verenigingen, incl. zeescouts en marine
  - Visserij: niet georganiseerd
  - Zachte recreatie omwonenden: wandelen, vogelen, Stad Oostende en Gemeente Bredene
- Educatieve:
  - Milieueducatie
- Traditionele:
  - Oesterkweek: Oostendse platte oester: de 'Ostendaise'

Habitattypes: brakwaterplas

Indicatoren:

- Descriptieve indicatoren:
  - Driving force: locatie uitermate geschikt voor watersport (bathymetrie, windklimaat) en voor oesterkweek (productiviteit)
  - Pressure: aantal sporters, aard van de recreatie, waterpeilbeheersing, infrastructuur, productietechnieken aquacultuur, vervuiling door vissers (verf, lood,...), ...
  - State: waterkwaliteit, ...
  - Impact: verstoring van vogels door watersport
  - Response: overeenkomsten tussen eigenaar en gebruikers, ...
- Efficiëntie-indicatoren:
  - Algemene relaties
    - De relatie watersport – aquacultuur: watersport wenst constant hoog waterpeil – aquacultuur wenst regelmatige aflatingen voor waterkwaliteit en onderhoud
  - Concrete relaties
    - Het aantal dagen waarop watersport niet mogelijk – aantal dagen waarop onderhoud oesters wenselijk maar niet mogelijk is
- Performantie- en welzijnsindicatoren: Oesterproductie, ...

Entiteit Indicator: waterkwaliteit Spuikom

Beschrijving, definitie, meeteenheid, meetniveau, statistisch niveau: ...

Attributen:

- Onderzoek open zwem- en recreatiewaters

Entiteit Attribuut

Indicator: waterkwaliteit Spuikom

Primaire databron: "Onderzoek open zwem- en recreatiewaters"



Beschikbaarheid: op aanvraag bij VMM

Hiaten: beperkt aantal meetpunten; lage temporele resolutie

Kostprijs: gratis

Datakwaliteit: ...

Entiteit dataset: Onderzoek open zwem- en recreatiewaters

Beheer: Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)

...

Entiteit plaats: Oostendse Spuikom

Beschrijving: ondiepe brakwaterplas van ca 80 ha, in verbinding met havengeul via...

Kaartmateriaal: GIS-kaart, luchtfoto, stratenplan Oostende

Eigenaar: AWZ-WWK

Beheerders: AWZ-WWK, Stad Oostende, ...

#### 4.2 Dossier Windmolens aan de Belgische kust

Beschrijving:

Kyoto-akkoorden verplichten landen om de CO<sub>2</sub> uitstoot te verminderen, en dus te zoeken naar alternatieve energiebronnen, die niet gebaseerd zijn op de verbranding van fossiele koolwaterstoffen. Elektriciteit uit hernieuwbare bronnen zoals windenergie is minstens een gedeeltelijke oplossing. De meest efficiënte plaats van inplanting van een windmolenpark is in zee – zowel omwille van de hogere en regelmatigere windsnelheden, als omwille van de beschikbare ruimte. Uiteraard zal er een effect zijn op het milieu (op de ondiepe zandplaten waar de parken eventueel ingeplant worden), en zijn er potentiële conflicten met andere gebruikers: visserij, toerisme en scheepvaart. Afgezien van mogelijke problemen met de windmolenparken zelf zijn er ook potentieel moeilijkheden met werken nodig om elektriciteit van de windmolens naar het elektriciteitsnet te brengen.

Locatie: Belgisch continentaal plat, gelimiteerd door diepte (tussen 5 en 20 m diep), zo dicht mogelijk tegen de kust

Gerelateerde dossiers: global warming; windmolenparken in het kustgebied; windmolenparken in het buitenland;

...

Sub-dossier: Transport van elektriciteit van marine windmolenparken naar het elektriciteitsnet

Contact: Jan Seys

Entiteiten:

Plaatsen: Vlake van de Raan, Wenduinebank

Personen: ...

Organisaties: Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu; Ministerie van Economische Zaken; Staatssecretariaat voor Energie en Duurzame Ontwikkeling; BMM; DvZ; Scheepvaartsbegeleiding; Commissie regulering Electriciteit en Gas; Fina-Eolia; Elf; Interelectra; Afdeling Marine Biologie van de Universiteit Gent...

Documenten:

- Procedurele documenten: Aanvragen, MER, ...

- ...

Projecten:

- Commerciële: Seanergy I, Seanergy II, Fina-Eolia, C-power
- Wetenschappelijke: ...

Evenementen: Inspraakavonden

Datasets: Vogelverspreidingsgebieden, Macrodat...

Kaarten: Kaart uit haalbaarheidsstudie van Seanergy I (onderzoek naar mogelijke inplantingsplaatsen voor windmolenparken)

Regelgeving: IBAs, Kyoto, ...

Gebruiken: ...

Habitattypes: ondiepe zandplaten, zandbanken

Indicatoren

- Beschrijvende indicatoren:
  - Driving force: genereren van elektriciteit; ...
  - Pressure: Geluid, ...
  - State: Macrobenthische diversiteit N1, ...
  - Impact: ...
  - Response: ...
- Efficiëntie-indicatoren:
  - Algemene relaties: Verminderde CO<sub>2</sub> uitstoot tov versterking van het benthische systeem, ...
  - Concrete relaties: Gegeneerde kW tov verlies aan visgronden
- Performantie- en welzijnsindicatoren
  - Policy target values: vermeden CO<sub>2</sub> uitstoot
  - Effect op 'Index of Sustainable Economic Welfare'
  - Effect op 'Green Gross Domestic Product'

Entiteit Indicator: vermeden CO<sub>2</sub> uitstoot

Descriptie: schatting van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die zou geproduceerd geweest zijn moest de energie opgewekt uit windenergie van klassieke bronnen geproduceerd zijn

Definitie: kW gegeneerde electriciteit \* gemiddelde CO<sub>2</sub> productie per kW in België

Relevantie: Meet rechtstreeks het aandeel van de windmolenparken in het voldoen aan de Kyoto akkoorden

Meeteenheid: ton

Resolutie: per windmolenpark, per jaar

Statistisch niveau: ratioschaal

Type van indicator: Performantie-indicator

Attributen

- Productie elektriciteit
- Gemiddelde productie CO<sub>2</sub> per gegeneerde kW
- ...

Entiteit Attribuut

Indicator: Vermeden CO<sub>2</sub> uitstoot

Databron: Productie elektriciteit

...

Entiteit Indicator: Macrobenthische diversiteit N1

Beschrijving: De diversiteitsindex N1 is een indicator die de complexiteit van het milieu, de interspecifieke relaties en de stabiliteit van de gemeenschap karakteriseert. Ze wordt bepaald aan de hand van het aantal soorten en de spreiding van de individuen over de soorten. Er wordt uitgegaan van een verlaagde diversiteit als gevolg van een verhoging van de druk op het ecosysteem

Definitie: N1 wordt bepaald door  $\exp(H)$  waarin  $H = -\sum p_i \ln(p_i)$  (Shannon Wiener index) met  $p_i$  de relatieve abundantie van elke  $i$ -de soort. N1 geeft minder gewicht aan zeldzame soorten.

Meeteenheid:dimensieloos

Meetniveau: Per UTM-coördinaat voor het Belgisch Continentaal Plat en voor het Belgische strand

Statistisch niveau: ratioschaal

Entiteit Attribuut

Indicator: Macrobenthische diversiteit N1

Primaire databron: Macrodat

Beschikbaarheid: aan te vragen bij Universiteit Gent, Sectie Marine Biologie

Kostprijs: gratis

Datakwaliteit:

- Betrouwbaarheid: de diversiteiten die berekend zijn uit de primaire gegevens van Macrodat voor de periode 1994-2000 zijn het meest betrouwbaar alhoewel ook daar bepaalde soorten niet vermeld zijn (zie Macrodat)
- Validiteit: de geldigheid van de berekening voor de macrobenthische diversiteit N1 wordt niet in vraag gesteld
- Vergelijkbaarheid: de diversiteiten voor de periode 1994-2000 zijn ruimtelijk en temporeel vergelijkbaar alhoewel moet rekening gehouden worden met het ontbreken van een aantal soortgegevens in de primaire dataset Macrodat

## KUSTEROSIE EN VERZANDING VAN HET ZWIN

Peter de Wolf

ir. Peter de Wolf, Hoofd cel Kust. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur (LIN). Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ). Afdeling Waterwegen Kust (WWK) Vrijhavenstraat 3, 8400 Oostende. Tel. 059-55 42 11; Fax. 059-50 70 37  
E mail: [peter.dewolf@lin.vlaanderen.be](mailto:peter.dewolf@lin.vlaanderen.be)

---

### I. DE DYNAMIEK VAN DE VLAAMSE KUST

#### De zandtransporten

Aangroei en afslag van een zandkust wordt veroorzaakt door zandtransporten. De werking van de wind, de golven en de stromingen bepalen deze zandtransporten.

Door de wind ontstaat op het strand en in de duinen het eolische "droge" zandtransport. Op zee genereert de wind zgn. "windgedreven" stromingen en ook golven.

Het getij creëert ook stromingen: de ebstroom en de vloedstroom met resultanten evenwijdig aan de kust. Langs de Vlaamse kust loopt de resulterende ebstroom van oost naar west en de resulterende vloedstroom van west naar oost. De vloedstroom is dominant. Wanneer stromingen krachtig genoeg zijn kunnen ze zand van de bodem losmaken en meevoeren. Golven woelen het zand los zodat stromingen het gemakkelijker kunnen opnemen.

Golven die schuin op de kust invallen veroorzaken in de brandingszone dan weer een "golfgedreven" zandtransport met een resultante evenwijdig aan het strand, het zgn. "brandings-zandtransport".

Nabij de kust is het golfgedreven zandtransport dominant, in dieper water bepaalt voornamelijk de getijgedreven stroming het zandtransport.

Bij de zandtransporten wordt verder onderscheid gemaakt tussen transport van zand loodrecht op de kust, het zgn. dwarstransport en zandtransport evenwijdig aan de kust, het zgn. langstransport.

Het dwarstransport van zand is het meest intens in de brandingszone door de golfwerking. Deze golfwerking is spectaculair bij storm en grote hoeveelheden zand kunnen dan van het strand en de duinen worden afgeslagen. Dat zand wordt vervolgens afgevoerd naar de vooroever. Afslag van een zandkust met zeewaarts gericht zand-dwarstransport gebeurt aldus hoofdzakelijk in het winterseizoen. In het zomerseizoen met kleinere golven gebeurt voornamelijk een landwaarts gericht dwarstransport. Het tijdens het winterseizoen naar de vooroever afgevoerde zand wordt geheel of gedeeltelijk terug naar het strand getransporteerd en vervolgens door de wind verder zijdelings en landwaarts verspreid.

Het langstransport heeft een resultante die langs de Vlaamse kust van west naar oost gericht is. De dominantie van de vloedstroom en de overheersende westenwinden zijn hiervoor verantwoordelijk.

De zandtransporten langs onze kust zijn een zeer complex verschijnsel waarbij onder meer de zeebodemtopografie, de vorm van de kustlijn, de aanwezigheid van waterbouwkundige constructies, de waterdiepte, de eigenschappen van het zand met in de eerste plaats de korrelgrootte, de topografie en begroeiing van de duinen een rol spelen.

Een versnelde zeespiegelrijzing deze eeuw ingevolge het broeikas-effect zal leiden tot nieuwe kustafslag en de erosieve processen versterken.

Er kan nog vermeld worden dat in Nederland in bepaalde kustlocaties ook de aanwezigheid van zgn. zandgolven werd vastgesteld. Zandgolven zijn zich in langsricting verplaatsende sedimentatie- en erosiezones van de kustlijn [1]. De periode van dergelijke zandgolven is van de orde van ½ eeuw tot 1 eeuw en in bepaalde gevallen zelfs nog groter. Ook langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen kon de aanwezigheid van een zandgolf uit metingen van het verloop van de kustlijn worden afgeleid. De periode van deze zandgolf is 60 jaar. Voor het verschijnsel van de zandgolven is er niet echt een verklaring.

### **De zandbalans: algemeenheden**

Een zandkust is voortdurend in beweging. Wanneer dit leidt tot een resulterende winst of verlies van zand is de kust niet in dynamisch evenwicht.

Om inzicht in het kustdynamisch proces te verkrijgen werd de Vlaamse kust door de afdeling Waterwegen Kust in gesloten vakken ingedeeld en wordt jaarlijks voor elk van deze vakken de zandbalans bepaald. De zandbalans geeft de verandering aan van de zandhoeveelheid binnen het gesloten vak.

Een negatieve zandbalans wordt veroorzaakt door zandverlies uit het vak door een zeewaartse resultante van het dwarstransport al dan niet in combinatie met een negatieve gradiënt van het langstransport.

Een toename van de stroomsterkte langs de kust of een verandering van de invalshoek van de golven langs de kust kunnen bvb. een gradiënt in het langstransport veroorzaken.

Wanneer er zich een getijgeul vlak voor de kust bevindt kan het zandverlies zeer groot worden. Geulen zijn immers sterk stroomgeleidend. Zand dat door dwarstransport in de geul terechtkomt zal via de geul snel worden weggevoerd.

Dit is bijvoorbeeld het geval ter hoogte van Knokke-Heist waar een ebstroomgeul genaamd de Appelpzak vlak voor de kust gelegen is. Deze stroomgeul is oorzaak van de ernstige erosie van de stranden van deze kustgemeente.

De zandbalansvakken langs de Vlaamse kust hebben begrenzingen die vast gedefinieerd zijn. De lengte van een vak is typisch van de orde van een paar honderd meter. Waar strandhoofden aanwezig zijn vormen twee opeenvolgende strandhoofden de zijdelingse grens van deze vakken. De landwaartse grens is bepaald door de zeedijken of een lijn die iets achter de duinvoet is gelegen. De vakken strekken zich zeewaarts ongeveer 1500 m uit.



De bepaling van de zandhoeveelheid in de balansvakken gebeurt door horizontaal kubereren van de hoeveelheid zand boven een referentievlak.

### **De zandbalans: monitoringsprogramma**

Voor de kubering van de zandhoeveelheden worden sedert 1979 langs de Oostkust en sedert 1983 langs gans de kust jaarlijks in het voorjaar luchtopnames uitgevoerd. Tot 1998 werd luchtfotogrammetrie gebruikt, sinds 1998 gebeuren de opnames met behulp van de techniek van aërolaserhypsometrie.

In het kader van de monitoring van zandsuppleties of voor de uitvoering van studies wordt ieder najaar nog een bijkomende luchtopname over een gedeelte van de kust uitgevoerd.

Deze luchtopnames laten ook toe de verplaatsingen in de tijd van de laagwaterlijn, de hoogwaterlijn en de duinvoet en de evolutie van bijna 300 kustprofielen op te volgen.

Sedert 1986 gebeurt ook jaarlijks in het voorjaar een volledige bathymetrische opname langs gans de kust van de vooroever en van de dichtst bij de kust gelegen zeebodem. Vóór 1986 zijn peilingen beschikbaar die uitgevoerd werden in het kader van de productie door AWZ-afdeling Waterwegen Kust van de zeekaarten. Te noteren valt dat in het najaar in principe ook een peiling wordt uitgevoerd van de vooroever en zeebodem die aansluit op de strandzones waarvoor een bijkomende luchtopname in het najaar werd uitgevoerd.

De koppeling van peilingsgegevens met de data afkomstig van de luchtopnames laat toe het volledige kustprofiel van duinvoet tot zeebodem op te volgen.

In 1993 werd een campagne uitgevoerd om de sedimentbewegingen en in het bijzonder ook het zandtransport op de vooroever ter hoogte van het Zwin te bestuderen [8].

In 2000 werd aan VITO een studie-opdracht gegeven om een proefproject voor de karakterisatie van het strandzand met behulp van hyperspectrale vliegtuigmetingen uit te voeren. Het idee achter deze opdracht was dat het strand dat door zandsuppleties op het strand wordt aangebracht en dat uit zee afkomstig is, een verschillende mineralogische samenstelling heeft dan het oorspronkelijke aanwezige zand en dat deze verschillende mineralogische samenstelling door hyperspectrale vliegtuigmetingen kan onderscheiden worden [10].

Dit proefproject dat ook gepaard ging met zandstaalnames toonde aan dat er met hyperspectrale vliegtuigmetingen een uitstekende differentiatie mogelijk is van het droog zand langs de Vlaamse kust en dat op significante wijze 6 verschillende zandklassen kunnen worden onderscheiden.

Ondertussen werd in 2001 reeds een tweede onderzoeksopdracht aan VITO gegeven met als doelstellingen het aantonen van de herhaalbaarheid van de eerder uitgevoerde zandkarakterisatie, de opbouw van een 3D databank van het strandzand langs de Vlaamse kust met de zandkarakterisatiegegevens en de resultaten van de zandstaalnames, de opstelling van een verschildkaart door vergelijking van de twee opeenvolgende zandkarakterisaties, de bepaling van zandbalansen voor de verschillende zandbalansvakken (evolutie van de

zandhoeveelheid en aanduiding van de herkomst van het zand) en meer algemeen de uitwerking van een methodiek voor de bepaling middels hyperspectrale vliegtuigmetingen van zandtransporten.

### **De zandbalans: berekeningsresultaten voor de Vlaamse kust**

Een gedetailleerde analyse van lucht- en bathymetrische opnames leidt tot volgende algemene conclusies voor een kustzone met een breedte van ongeveer 1,50 km waarin strand, vooroever en de dichtst bij de kust gelegen geulen begrepen zijn.

*Vooroever en dichtst bij de kust gelegen zeebodem [3] [4]:*

- Van de Franse grens tot Koksijde-Oost wordt de vooroever gevormd door de landwaartse flank van de vloedgeul "Het Potje". De vooroever in die zone is heden stabiel te noemen met plaatselijk nog een erosieve trend ter hoogte van de Westhoekverkaveling. De stabiele vooroever ter hoogte van Koksijde-Bad en ook meer westwaarts is te danken aan de verlenging van twee strandhoofden aldaar (zie verder). Van Koksijde-Oost tot Nieuwpoort-Bad is de vooroever stabiel.
- In de kustzone vanaf Nieuwpoort-Bad tot Blankenberge Pier zijn tussen 1954 en 1998 de stroomgeulen voor de kust verdiept (~ 1m) en naar de kust opgeschoven (~100 m). Het hiermede gepaard gaande zandverlies onder het peil Z 0,00<sup>1</sup> bedraagt ongeveer 47 miljoen m<sup>3</sup> (hetzij ongeveer 30 m<sup>3</sup>/m/jaar). In bijna al deze vakken is het kustprofiel enigszins versteild. Er zijn aanwijzingen dat de zeewaartse flank van de geulen is aangegroeid.
- In de kustzone van Blankenberge-Pier tot Knokke-Lekkerbek is er tussen 1976 (enkele jaren voor de uitbouw haven Zeebrugge) en 1998 een belangrijke zandwinst van 28 miljoen m<sup>3</sup> opgetreden (hetzij ongeveer 100 m<sup>3</sup>/m/jaar). In deze kustzone is de helling van het kustprofiel ook verflauwd.
- In de kustvakken van Knokke-Lekkerbek tot de Nederlandse grens wordt de vooroever gevormd door de flank van de Appelzak-ebgeul. Ter hoogte van het Zwin schrijdt de vooroever vooruit. Er lijkt ook enige uitdieping van de geulbodem op te treden. Meer westwaarts lijkt er eerder terugschrijding van de vooroever op te treden.

Versteiling van de vooroever maakt een verhoogde golfpenetratie vanuit diep water mogelijk. Dit kan dan weer leiden tot een toename van de erosie van de stranden, van de schade aan waterbouwkundige constructies en van de overtopping van zeedijken [2].

Versteiling van de vooroever werd ook vastgesteld in de ons omringende Noordzeelanden. Als meest waarschijnlijke oorzaken van dit verschijnsel worden vooropgesteld de vastlegging van de kustlijn, de aanleg van constructies die in zee uitsteken zoals havendammen en de zeespiegelrijzing. De oorzaken en de gevolgen van de versteiling van de vooroever langs de Vlaamse kust zijn niet duidelijk. Een meer strategische, lange termijn aanpak van de zandsuppleties wordt er wel noodzakelijk door.

---

<sup>1</sup> Peil van Bruggen en Wegen. Peil in Z = peil in TAW + 10,6 cm

### *Stranden (droog- en natstrand) [5] [6]*

De stranden ten westen van Oostende zijn meestal stabiel of groeien aan met lokaal toch zones waar erosie optreedt (verkaveling Westhoek, Koksijde-Oost, Lombardsijde, westkant van Westende-Bad).

Ten oosten van Oostende is de situatie als volgt:

- van havenmond Oostende tot Bredene-Hippodroom is het strand stabiel
- van Bredene-Hippodroom tot Wenduine is het strand erosief
- van Wenduine tot de havenmond van Blankenberge: stabiel
- van havenmond Blankenberge tot de westdam van Zeebrugge: aangroei
- het strand onmiddellijk in de luwte van de oostelijke havendam van Zeebrugge is erosief, verder ook de stranden die voor zeedijken met een vooruitgeschoven positie zijn gelegen: dit is het geval te Duinbergen, Knokke-Zoute en de Lekkerbek (tot het uiteinde van de zeedijk). Het strand verder naar het Zwin is min of meer stabiel met erosie ter hoogte van de Zwinmonding

### *De duinvoet*

Door de systematische aanplanting van rijshouthagen die het door de wind getransporteerde zand vangen groeit de duinvoet praktisch overal langs de Vlaamse kust aan.

Er dient hier te worden opgemerkt dat de voornoemde cijfers en tendensen beïnvloed zijn door menselijk ingrijpen zoals de uitvoering van zandsuppleties, baggerwerken in de toegangsgeulen naar de kusthavens, uitbouw van de haven van Zeebrugge, strandhoofden.

### **Maatregelen langs de Vlaamse kust om erosie te bestrijden**

#### *Harde maatregelen*

Bij zgn. harde maatregelen wordt in de kustdynamische processen zelf ingegrepen. Ze zijn star van aard [1].

Voor de Vlaamse kust dienen hier in de eerste plaats de strandhoofden vermeld te worden die heden aanwezig zijn langs het grootste deel van de kustlijn.

Het is een maatregel die ook reeds door onze voorouders werd toegepast, want op eeuwenoude tekeningen van de Vlaamse kust worden strandhoofden teruggevonden. De laatste werden aangelegd in 1991 te Blankenberge. Drie bestaande strandhoofden werden toen afgebroken en vervangen door twee langere strandhoofden.

Strandhoofden hebben volgende positieve effecten op de strandafslag:

- ze onderbreken het brandingstransport en indien ze voldoende lang zijn kunnen ze ook de getijgedreven stroming blokkeren of reduceren. Het zand-langstransport wordt hierdoor verminderd waardoor het strand kan gestabiliseerd worden en de stranderosie zelfs omgezet in aanzanding.
- ze drukken de stromingen weg van de kust

Een nadeel van strandhoofden is dat aan de stroomafwaartse zijde ervan dikwijls stranderosie optreedt. Er vormen zich bovendien "rip currents" (ook muistromen genoemd). "Rip currents" zijn sterk geconcentreerde waterstromen van zeewaarts vloeiend water waardoor het water op het strand en de vooroever als het ware zeewaarts gespuid wordt en vervangen door water van verder uit zee. Hierdoor ontstaan nabij strandhoofden zeewaarts gerichte zandtransporten. Door deze "rip currents" is zwemmen in de nabijheid van strandhoofden bijzonder gevaarlijk.

Onder de geschikte morfologische omstandigheden kunnen strandhoofden zeer efficiënt zijn om structurele erosie te bestrijden. Als voorbeeld kan het strand te Koksijde worden vermeld. Door de aanwezigheid van een vloedgeul ("Het Potje") wordt de getijstroom er naar de kust gestuwd en werd het strand sterk aangetast. Door de verlenging in 1988 van twee bestaande strandhoofden die zich in de meest aangevallen sectie van deze kust bevonden kon de erosieve trend worden gebroken en een aanmerkelijke verhoging en verbreding van het strand worden verwezenlijkt.

Vermeldenswaard is nog dat in 1998 een ontwerp van natuurtechnisch strandhoofd werd uitgewerkt [9]. Dit ontwerp benadert het strandhoofd niet alleen als een waterbouwkundige constructie maar geeft er ook een ecologische meerwaarde aan.

Onder de harde maatregelen kan ook nog een proefproject worden vermeld waarbij onderwaterschermen op de vooroever werden geplaatst [11]. Het proefproject was evenwel niet echt succesvol en de techniek werd dan ook niet verder toegepast.

### *Zachte maatregelen*

Bij zgn. zachte maatregelen worden niet ingegrepen in de kustdynamische processen maar wordt beoogd om de gevolgen van deze processen te bestrijden. Met zachte maatregelen is het meestal mogelijk om op flexibele wijze op het dynamisch kustgedrag in te spelen [1].

Een kleinere zachte maatregel is de strandophoging waarbij met vrachtwagens zand uit zee wordt aangevoerd op het strand. Deze maatregel wordt jaarlijks langs de Vlaamse kust in het voorjaar uitgevoerd op badstranden die te lijden hebben van strandafslag.

De belangrijkste maatregel is evenwel de zandsuppletie (ook opspuiting genoemd) waarmee duin, strand en vooroever over uitgestrekte zones met zand kunnen gevoed of hervoed worden.

Het suppletiezand wordt door baggerboten in zee gewonnen ("werk met werk") en tot voor de kust gebracht. Het kan dan op de vooroever worden geklept of met een pijpleiding naar het strand worden gepompt.

Sedert eind de jaren 60 werd over een kustlengte van ongeveer 20 km meer dan 18 miljoen m<sup>3</sup> zand gesuppleerd, in het laatste decennium over een zone van 10 km tussen Bredene-Hippodroom en Wenduine (het strand van De Haan inbegrepen), een zone van 1 km aan de grens tussen Blankenberge en Zeebrugge en een zone van bijna 3 km te Knokke-Zoute.



Zandsuppleties op de vooroever (ook voedingsbermen genoemd) zijn efficiënt in kustzones waar het dwarstransport dominerend is. Dit is het geval in de zone tussen Bredene-Hippodroom en Wenduine waar vanaf 1991 voor de eerste maal in Vlaanderen en Europa vooroeversuppleties werden uitgevoerd [12].

Zandsuppleties brengen geen veranderingen in het kustdynamisch proces teweeg en moeten daarom herhaald worden. De injectie van een belangrijke injectie van zand in het kustdynamisch systeem kan een erosieve trend wel milderen.

Om de erosie van het droogstrand ter hoogte van de duinvoet door de wind te bestrijden worden hagen uit takkenbossen (rijshout) evenwijdig en haaks op de duinvoet geplaatst. Dergelijke hagen leveren een duidelijke positieve bijdrage tot de duinvoetbescherming en dus de stabilisatie van het duin. De uitvoering van zandsuppleties wordt meestal gecombineerd met de plaatsing van rijshouthagen. Tussen Bredene-Hippodroom en Wenduine heeft de oordeelkundige en systematische plaatsing van rijshouthagen aldus geleid tot een merkbare verbreding van het zeewerend duin.

Als zachte maatregel kan ook de aanplanting van helm in de duinen worden vermeld, een maatregel die zeer effectief is om verstuiwing van het duinzand tegen te gaan.

## II. EEN BIJZONDERE KUSTGEBIED: HET ZWIN

### Het Zwin

Het Zwin natuurreservaat strekt zich uit over een kustlengte van ongeveer 2,3 km in het Nederlands-Belgisch grensgebied. Ongeveer 2 km van deze kustlengte ligt op Belgisch grondgebied, de rest op Nederlands grondgebied.

Het reservaat zelf heeft een oppervlakte van 158 ha waarvan 125 ha op Belgisch en 33 ha op Nederlands grondgebied. Het bestaat uit een duinregel met daarachter zilte slikken en schorren.

Vóór de duinregel strekt zich een droogstrand uit met een breedte van de orde van een honderdtal meter. Bij zware storm komt het water tot tegen de duinvoet.

Ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens is er een bres in de duinregel over een lengte van ongeveer 250 m waardoor zeewater bij vloed het natuurreservaat kan binnendringen.

Het reservaat is een overblijfsel van de zee-inham met de naam Zwin die vroeger Damme verbond met de zee.

Door verzanding en inpoldering bleef in de 2<sup>de</sup> helft van de 19<sup>de</sup> eeuw niet veel meer over van deze zee-inham dan enkele dichtslibbende resten. Door de bouw van de zgn. Internationale Dijk in 1872 kreeg het Zwin zijn huidige bescheiden omvang [13]. De Internationale Dijk begrenst het natuurreservaat landwaarts en zijdelings. Deze dijk vormt de zeewering in deze kustzone en niet de duinen aan de zeezijde van het reservaat.



Deze duinen hebben dus geen zeewerende functie. Zowel aan Belgische als Nederlandse kant gebeuren geen aanplantingen van helm en plaatsingen van rijshouthagen meer en krijgen de kustdynamische processen van verstuiving en zandverplaatsingen er vrij spel.

Binnen het natuurreservaat ligt een geul met een stelsel van geulvertakkingen waarlangs zeewater tweemaal per dag door de getijwerking het Zwin in- en uitstroomt. Het reservaat bevat ook enkele kunstmatig aangelegde vijvers. Door de bres in de duinregel en over het strand meandert de Zwingeul naar zijn monding in zee.

Het Zwin is een intertijdegebied dat bij normaal getij slechts gedeeltelijk onder water loopt. Grote delen van het slikken- en schorrengebied komen enkel onder water bij springtij of stormvloed en het ganse gebied loopt slechts een paar keer per jaar onder water bij uitzonderlijke waterstanden. In het gebied zijn er ook tijdelijke plassen en permanente vijvers die veel zeevissen bevatten. Er is een grote variatie van de vegetatie met vooral zoutminnende planten en een grote rijkdom aan biotopen voor vele soorten vogels.

Het Zwin natuurreservaat heeft daardoor een hoge landschappelijk en ecologische waarde. Het natuurgebied is uniek in België en is ook internationaal belangrijk.

Echter ook morfologisch is het Zwin een bijzonder interessant gebied. Het Zwin is immers een volledig ontwikkelde sluffer met getijgeul. In de Lage Landen is er enkel op het eiland Texel nog een dergelijke sluffer aanwezig.

### **De verzanding van het Zwin**

Een sluffer is gekarakteriseerd door zijn vergankelijkheid. Zonder menselijk ingrijpen zal het Zwin onvermijdelijk volledig afgesnoerd worden op langere termijn door de ontwikkeling van een zeereep ter plaatse van de huidige bres en uiteindelijk evolueren naar een systeem van zoetwatermoerassen met rietvelden en wilgenstruwelen en duin- en binnendingraslanden.

Nochtans bestaat in eerste instantie de wens langs Nederlandse en Vlaamse kant om het zout intertijdegebied en de bijhorende natuurwaarden zo lang mogelijk te behouden en zo mogelijk te ontwikkelen.

Vermeldenswaard is dat in 1950 de Belgisch-Nederlandse Internationale Zwincommissie werd opgericht die als taak kreeg erop toe te zien dat de natuurwaarden van het Zwin maximaal behouden bleven. In 1987 werd door deze commissie ook een Technische Werkgroep opgericht.

Er stellen zich hoofdzakelijk twee problemen met het Zwin.

#### *De stabiliteit van de getij-inlaat*

De stabiliteit van een getij-inlaat kan gedefinieerd worden door de verhouding  $P/Q$  waarin:

$P$  ( $m^3$ ): getijdeprisma (= komberging), de hoeveelheid zeewater die bij een jaargemiddelde getijconditie in de vloedfase het intertijdegebied kan intrekken

$Q$  ( $m^3/jaar$ ): het resulterend brandingstransport van sedimenten.

De getij-inlaat is instabiel en zal zich op termijn sluiten als de verhouding  $P/Q$  kleiner is dan 20.

Voor het Zwin geldt:

$P = 355.000 \text{ m}^3$  [14]. Het betreft hier geen jaargemiddelde conditie, maar een meting bij springtij, weliswaar bij kalm weer.

$Q = 130.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ . Deze waarde moet wellicht als een minimum voor het brandingstransport worden beschouwd [7].

De verhouding  $P/Q$  wordt aldus maximaal:

$$P/Q \text{ max} = 355.000/130.000 \approx 3 < 20$$

De Zwin getij-inlaat is dus morfologisch niet stabiel en zal zich zonder menselijk ingrijpen op termijn onvermijdelijk sluiten.

Een probleem dat hiermede verband houdt is de neiging van de inlaatgeul om zich naar het oosten te verplaatsen onder invloed van het langstransport dat een resultante in oostelijke richting heeft. Dit vereist regelmatig ingrijpen om de geul terug naar het westen te verleggen omdat anders de geul naast het uiteinde van de Nederlandse duinregel zal komen te liggen en die sterk zal eroderen.

#### *De verzanding in het Zwin*

In het Zwin is er via de inlaatgeul een resulterend inwaarts gericht transport van zand en fijnere deeltjes [14].

De verklaring hiervoor is dat de geul zeewaarts een drempel vertoont die pas overstroomd wordt wanneer het zeewaterpeil bij vloed voldoende hoog is gestegen. Dan stroomt evenwel in korte tijd een grote hoeveelheid water het reservaat binnen. In de ebfaze stroomt het water terug weg uit het reservaat, echter over een veel langere periode en met kleinere stroomsnelheden dan tijdens de vloedfaze. Na elke getijcyclus blijft daardoor een deel het zand en het slib die met de vloedstroom werden binnengebracht, achter in het reservaat.

De zandsuppleties op de stranden te Knokke-Heist en Cadzand vergroten het aanbod van zand.

Om deze verzanding tegen te gaan werd in 1990 door de Technische Werkgroep van de Internationale Zwincommissie beslist stroomopwaarts van de monding voorbij de duinregel een proefzandvang te graven tot op ongeveer het peil TAW -2,00. De capaciteit van deze proefzandvang was ongeveer  $33.000 \text{ m}^3$ . De zandvang werd een eerste maal geledigd in 1991, tevens werd de capaciteit uitgebreid tot ongeveer  $90.000 \text{ m}^3$  hetgeen het maximale haalbaar is rekening houdende met de beschikbare ruimte. Leegmaken en onderhoud van de zandvang gebeurde ondertussen ook reeds in 1992, 1994, 1997 en 2001.

Deze zandvang vertraagt sterk de verzanding van de Zwinggeul en van de plassen en kreken waar de Zwinggeul in uitmondt. De zandvang heeft echter weinig invloed op de verzanding en aanslibbing van de schorren die bij springtij en stormvloed worden overspoeld.

Alhoewel de zandvang zich in het ecologisch minst kwetsbare gebied van het Zwin bevindt, brengt de noodzaak de zandvang leeg te halen en te onderhouden een regelmatig weerkerende verstoring van het reservaat met zich mee. Door de Technische Werkgroep werd dan ook in 2001 aan de Internationale Zwincommissie voorgesteld de

zandvang vanaf 2002 niet meer periodiek uit te graven in afwachting van de uitvoering van structurele maatregelen.

### **Structurele aanpak van de problemen van het Zwin**

Door de Technische Werkgroep van de Internationale Zwincommissie wordt heden verder gewerkt aan een voorstel van structurele maatregelen om de problemen van het Zwin aan te pakken. Dit is evenwel een zeer complexe opdracht. De maatregelen moeten immers niet alleen onderzocht worden voor wat betreft de waterbouwkundige en ecologische aspecten, maar ook voor wat betreft hun maatschappelijke, planologische, budgettaire en bestuurlijk-juridische haalbaarheid, gevolgen voor de waterhuishouding en impact op toerisme en recreatie.

Verwacht wordt evenwel dat de Technische Werkgroep nog dit jaar haar eindrapport aan de Internationale Zwincommissie zal kunnen afleveren.

Structurele maatregelen zullen vooral de komberging moeten vergroten en de afvoer van sedimenten naar zee bevorderen.

De voornaamste structurele maatregelen die onderzocht worden zijn dan ook [15]:

- extra spuiwerking door het afwateren van het polderwater langs het Zwin
- het verbreden van het geulenstelsel en het afgraven van delen van de schorren
- inschakelen van poldergebied bij de komberging

Er moet evenwel benadrukt worden dat geen enkele structurele maatregel of combinatie van maatregelen de natuurwaarden van het Zwin als intertijdegebied voor altijd veilig kan stellen.

## Referenties

1. Basisrapport zandige kust behorende bij de leidraad Zandige Kust, juli 1995, door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
2. Profile steepening. A report prepared for the North Sea Coastal Management group, May 1999, door T. Verwaest, H. Kunze, P. Hüttemeyer, J-M. Stam, R. Soulsby, Chr. Laustrop, H.T. Madsen.
3. Studie over de versteiling van de vooroever langs de Vlaamse kust, Deel 1: Toelichtende tekst, rapport VV 98.001, door de N.V. Eurosense in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
4. Studie over de versteiling van de vooroever langs de Vlaamse kust, Deel 2: Grafieken en tabellen per kustdeel, rapport VV 98.002, door de N.V. Eurosense in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
5. Kustlijnkaarten. Evolutie tot mei 1999. Deel 1: Franse grens tot Oostende, door de N.V. Eurosense in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
6. Kustlijnkaarten. Evolutie tot mei 1999. Deel 2: Oostende tot Cadzand, door N.V. Eurosense in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
7. De aanzandingsmechanismen van het Zwin en de maatregelen om hieraan te verhelpen, door ir. P. Kerckaert, Water nr. 49 nov./dec. 1989.
8. Vooroever Zwin. Sedimentdynamica rapport KDN 94.005, door de N.V. Eurosense in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
9. Ontwerp van een natuurtechnisch strandhoofd te bouwen in Lombardsijde. Verslag van de studie, rapport LSE1671-00058, door de N.V. Haecon in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
10. Sand mapping and characterisation along the Belgian coast based on hyperspectral CASI data, door B. Deronde, W. Debruyn en D. Fransaer, 2001, Proceedings of the Fifth International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, Miami, United States.
11. Model simulation of the impact of underwater screens on shore protection, door M. Huygens, D. De Wachter, R. Verhoeven, J. Himpe, S. Buyck, F. Wens, B. De Putter en P. De Wolf, PIANC bulletin nr. 86, Februari 1995.
12. Waterbeheersingsproblemen in West-Vlaanderen. De kustzone, door ir. Peter De Wolf, Tijdschrift WES-West-Vlaanderen Werkt, 1/1996.
13. De verzanding van het Zwin, door M. Ryckaert, Water nr.49 nov./dec. 1989.
14. Natuurreserveaat Het Zwin. Evolutie tot augustus 1993. Morfologie, hydrodynamica en sedimentologie, rapport Oost 93.401, door de N.V. Eurosense in opdracht van AWZ-afdeling Waterwegen Kust.
15. Hydraulische invloed van structurele ingrepen tegen de verzanding van het Zwin, door O. Van Kleef, P. De Wolf, P. De Laet, T. Verwaest, Tijdschrift Infrastructuur in het Leefmilieu, 4/97.

## BESCHOUWINGEN OVER KUSTONDERZOEK

Jean Berlamont

prof. dr. ir. Jean Berlamont. Laboratorium voor Hydraulica, KULeuven. Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Herverlee.  
Tel. + 32 16 32 1660; Fax. + 32 16 32 1989. E-mail: [Jean.Berlamont@bwk.kuleuven.ac.be](mailto:Jean.Berlamont@bwk.kuleuven.ac.be)>

---

*"Save me from drowning in the sea"*

Robbie Williams

In tegenstelling tot enkele tientallen jaren geleden wordt in Vlaanderen thans heel wat wetenschappelijke aandacht besteed aan de kust en de zee. De VLIZ database bevat niet minder dan 736 onderzoeksprojecten voor de laatste 5 jaar. Momenteel zijn in Vlaanderen meer dan 220 onderzoekers actief in een 40-tal groepen, hoofdzakelijk universitaire laboratoria. Het belangrijkste onderzoeksdomein (althans wat aantal onderzoekers betreft) is de biologie, incl. visserij en aquacultuur (43%). Op de tweede plaats komt de geologie incl. seismologie en sedimentologie" (20%). Fysische "oceanografie" en waterbouwkunde komt slechts in beperkte mate aan bod (ref. 2).

Afgezien van de eigen middelen van universiteiten en federale of regionale onderzoeksinstituten (die hoofdzakelijk uit personeel bestaan) wordt zee- en kustonderzoek uit verschillende bronnen gefinancierd. Er zijn het FWO (goed voor gemiddeld 2 M EURO/ jaar over de laatste 5 jaar, vnl. personeel) en IWT (275 000 EURO/ jaar), de Federale diensten voor Wetenschappen, Technische en Culturele aangelegenheden (DWTC) via het programma "Duurzaam beheer van de Noordzee, global change, ecosystemen en biodiversiteit" en PODO (plan ondersteuning duurzame ontwikkeling, goed voor 1.5 M EURO/ jaar), het Vlaamse PBO (Programma Beleidsvoorbereidend Onderzoek, 1997 – 2003) en de (universitaire) steunpunten voor beleidsrelevant onderzoek en de onderzoeksprojecten op ministerieel initiatief (ref. 1).

Voor dat laatste is het departement "Leefmilieu en infrastructuur" LIN verreweg het belangrijkste. LIN ondersteunt beleidsondersteunend onderzoek in de domeinen van de fysische oceanografie, de sedimentologie en ook ecologie. Een belangrijk voorbeeld is het onderzoeksprogramma OMES (Onderzoek Milieu-Effecten Sigmaplan) voor het Schelde estuarium.

Natuurlijk zijn er ook de Europese onderzoeksprojecten. In het vijfde kaderprogramma (1998 - 2002) zat zeeonderzoek verscholen in "energy, environment and sustainable development" als "global change, climate and biodiversity" (key action 2), en vooral "sustainable marine ecosystems" (key action 3). Met prioriteiten zoals:

- coastal zone changes
- coastal protection against flooding and erosion
- coastal processes monitoring
- technologies for safe, sustainable and economic exploitation of marine resources

Die Europese projecten zijn belangrijk, niet zo zeer omwille van de financiële input (1.7 M EURO in 2001) maar omdat ze onze onderzoekers toelaten mee te draaien aan de top, contacten te leggen met collega's van over heel Europa en een (grotere) internationale visibiliteit te verkrijgen. De MAST projecten (Marine Science and Technology,



sinds 1989) hebben inderdaad veel Vlaamse onderzoeksgroepen omhoog getild en in de internationale belangstelling gebracht. Vlaamse onderzoekers participeren in ¼ van alle MAST projecten.

In het totaal werd in 2001 32 M EURO uitgegeven aan zee- en kustonderzoek (Vlaanderen 78%, Federaal 16 %, Internationaal 6%). Hierin is dan wel alle onderzoek en onderzoeksondersteunende activiteiten (bv. datacollectie) van LIN inbegrepen (ref. 1)

Iedere financier of sponsor van onderzoek heeft vanzelfsprekend zijn eigen prioriteiten en fundamentele doelstellingen die kunnen gaan van "zuiver" belangeloos onderzoek (FWO) tot heel toegepast of toepasbaar technologische onderzoek en industriële toepassingen (IWT), over strategisch beleidsvoorbereidend onderzoek (DWTC) tot onderzoek ter directe ondersteuning van het overheidsbeleid (LIN) of ter ondersteuning van meer algemene, generische doelstellingen (AMINAL natuur). Aan de gestelde doelstellingen worden de projectvoorstellen getoetst en zo worden ze uiteraard geselecteerd.

Vermits de kuststrook, zowel de landzijde als de zeezijde, economisch en ecologisch zeer belangrijke gebieden zijn, zijn er talloze belanghebbenden met soms tegenstrijdige doelstellingen: veiligheid van de scheepvaart, een doelmatige waterbeheersing en kustbeveiliging, visserij, alternatieve energiebronnen (windmolenparken), biodiversiteit, (actieve) natuur- en landschapsontwikkeling, ...

Alhoewel meer en meer projecten inter- en multidisciplinair opgevat worden en de uitwisseling van informatie tussen disciplines aangemoedigd wordt (bvb. "clusters" binnen PODO projecten), ziet men toch dat het eigenlijk onderzoek altijd mono-disciplinair is en zelfs binnen een bepaalde discipline soms heel gespecialiseerd, om niet te zeggen detaillistisch is. Zo is het moeilijk, zelfs binnen de eigen discipline om de link te leggen, of rekening te houden met ander, zijdelings onderzoek, laat staan het onderzoek te integreren in grotere projecten. Als men het rapport van vele zgn. "Interdisciplinaire" onderzoeksprojecten bekijkt ziet men vaak niet veel meer dan het naast elkaar staan van verschillende (overigens vaak uitstekende) deelrapporten zonder eigenlijke interactie.

Een en ander volgt uit de aard zelf van het wetenschappelijk onderzoek (aan de universiteiten) en de manier waarop het georganiseerd is en geëvalueerd wordt: vaak zijn het doctoraten binnen kleine, zeer gespecialiseerde groepen: 3 tot 5 personen een professor, een paar assistenten of bursalen en enkele studenten. Het onderzoek wordt gestuurd naar internationale "publicaties" en niet zozeer naar binnenlands "gebruik".

We identificeren dus de eerste zwakheid van het zee- en kustonderzoek

#### **1. Het zee- en kustonderzoek wordt enerzijds gestuurd door verschillende doelstellingen/ financieringsmechanismen en anderzijds door de eigenheid van universitair onderzoek zelf**

Dit heeft voor gevolg dat veel deelaspecten heel goed bekend zijn maar dat er een nood blijft bestaan aan kennis over de werking van het "systeem", de verschillende interacties in ruimte en tijd, de onderlinge beïnvloeding van bepaalde processen (bv. de invloed van de biologie op de fysische eigenschappen van bodemsedimenten die de

erosie en transportmechanismen beïnvloeden en dus mee de morfologie bepalen...). Deze versnippering geldt nationaal maar zeker ook internationaal (slechts een heel klein stukje van het continentaal plat is Belgisch).

Er wordt niet globaal een "onderzoeksprogramma Noordzee" of "kustzeeën" of "interactie tussen zee en kustgebied langs de Noordzee" opgezet. Hebben we heimwee naar het "project Zee" uit de zeventiger jaren?

Het zou bijzonder nuttig zijn om de verschillende financiers van zee- en kustonderzoek (o.a. de "problem owners") regelmatig samen te brengen om hun programma op elkaar af te stemmen. Het zou even nuttig zijn om bv. jaarlijks de onderzoekers samen te brengen om hun rol te definiëren binnen een globaal strategisch onderzoeksplan en de individuele onderzoeksprojecten op elkaar af te stemmen.

Zou een instituut zoals het "Nederlands centrum voor kustonderzoek" (NCK) nuttig zijn voor het coördineren van het (Noord)zee onderzoek? Zou het VLIZ, dat zelf geen onderzoek doet en dus in deze neutraal is, hierin via zijn wetenschappelijke commissie, een rol kunnen spelen door een coördinerend platform aan te bieden, waar wetenschappers uit diverse disciplines elkaar en de "problem owners" ontmoeten en samen, complementaire en geïntegreerde onderzoeksvoorstellen uitwerken?

## **2 Data, lengte- en tijdschalen, variabiliteit**

Tegenwoordig worden in België en in Vlaanderen in het bijzonder, grote inspanningen gedaan om data te verzamelen m.b.t. zee en kust (campagnes met de Belgica, Zeeleeuw, meetnet Vlaamse banken, waterkwaliteit strandwater (VMM), ...). AWZ besteedt jaarlijks ongeveer 12.5 M EURO aan dataverzameling (ref. 1).

Veel data, ook van buitenlandse onderzoeksgroepen en -instellingen worden nu ordelijk en overzichtelijk verzameld en via de (uitstekende) website (<http://www.vliz.be/>) ter beschikking gesteld van de onderzoekers door het VLIZ dat daarmee een leemte vult. Meer en meer wensen individuele onderzoekers of onderzoeksgroepen hun data aan het VLIZ toe te vertrouwen om ze op te nemen in de databank of wordt het VLIZ bij onderzoeksprojecten betrokken, specifiek voor de taak data beheer.

De E.U. heeft grote inspanningen gedaan om data te verzamelen en op te slaan in globale data bases bvb. NOWESP (North West European Shelf project binnen Mast II). De bedoeling is dat die data voor iedereen toegankelijk en bruikbaar zijn (ref.4). Bij gebrek aan middelen wordt de database (een CD of een webstek) vaak reeds enkele maanden na het project vergeten, niet meer ondersteund of bijgehouden en dus onbruikbaar en nutteloos.

Niettegenstaande alle inspanningen zal steeds de behoefte blijven bestaan aan meer en betere data en vooral aan het onderhouden, het beheer en het ter beschikking stellen van de databanken.

Voor zeeonderzoek is de situatie wel speciaal. De fenomenen die ons interesseren zijn divers, uiteenlopend en talrijk: meteorologie, oceanologie, hydraulica, sedimenten, biologie, chemie, ... die bovendien (voor een groot deel) sterk variabel zijn in tijd en ruimte. Monsters of metingen zijn altijd puntmetingen en/of momentopnamen. We extrapoleren ze op een schaal die in andere wetenschapsdisciplines nauwelijks aanvaardbaar zou zijn. Zo wordt bv. in een recente gelanceerde monitoring campagne van de Zeeleeuw een 10 tal stations in de zuidoostelijke Noordzee opgenomen,

het gebied van de Vlaamse banken dat ruwweg 1000 km<sup>2</sup> beslaat. Ook al kunnen we aannemen dat de keuze van de locatie zeer adequaat is dan nog meten we speldenprikken in tijd en ruimte: 1/100 km<sup>2</sup>. Het nieuwe, wereld omvattende systeem van 3000 (met satelliet verbonden) ARGO –boeien (GOOS) ([www.eosweb.com](http://www.eosweb.com)) dat in 2005 operationeel moet zijn is een dure poging om meer gedistribueerde data over de wereldoceaan te verkrijgen, ook al worden voorlopig enkel temperatuur en zoutgehalte gemeten en zijn bio-optische sensoren eventueel voor later. De nieuwe ESA satelliet ENVISAT, gelanceerd op 28.02.02 zal toelaten gedetailleerde en frequente geofysische en mariene data te verzamelen (bv. Ozon, chlorofyl, zwevende stof, temperatuur van het zeeoppervlak, ...). Zulke gedistribueerde data zijn bijzonder nuttig voor de calibratie van wiskundige modellen.

Data worden verzameld met heel verschillende doelstellingen wat maakt dat data verzameld binnen een bepaald onderzoeksproject niet altijd zomaar bruikbaar zijn binnen een ander. Data zijn (haast) nooit verzameld met het oog op de voeding of calibratie van een wiskundig model, zodat ze er vaak niet bruikbaar voor zijn.

Zo worden bv. heel wat gegevens verzameld met betrekking tot sedimenten vanuit een biologische invalshoek: de rol van het benthos (bodemgemeenschappen) in mariene en estuariene ecosystemen en de effecten van milieuverontreiniging (biodiversiteit van bentische gemeenschappen, trofische rol van het benthos in mariene en estuariene ecosystemen, rol van het benthos in de globale koolstof-cyclus van mariene ecosystemen "primary production, ...). Sedimenten zijn echter ook belangrijk voor de morfologie en data m.b.t. de sedimenten zijn nodig in morfologische modellen. Maar het zijn niet noodzakelijk dezelfde sedimentkarakteristieken die voor biologische doelstellingen opgemeten werden die ook bruikbaar zijn in morfologische (kust)modellen (tijd en ruimtelijke schaal, gelijktijdigheid, meta-data, complementaire meteo- en golf data, etc.). Ook voor waterkwaliteitsmodellen zijn sedimenten belangrijk (bv. gebruik van het benthos als indicator voor eutrofiëring) maar ook hier zullen vroeger verzamelde "biologische" data allicht niet zomaar bruikbaar zijn.

De buitenwereld heeft dan ook vaak de indruk dat wetenschappers steeds weer hetzelfde willen meten of de vorige keer "iets vergeten" zijn en daarvoor steeds opnieuw meer geld vragen. Niettegenstaande alle metingen blijft bovendien bepaalde elementaire informatie ontbreken: zo bleek recent bij de preliminaire impact studies voor Flyland ("Schiphol in zee") de samenstelling van de zeebodem (% fijn materiaal, zand) ter plaatse van het toekomstige eiland onbekend (ref. 3)...

Voorafgaandelijk en interdisciplinair overleg en lange termijn planning zou nuttig kunnen zijn opdat meetcampagnes meerdere doelstellingen kunnen vervullen.

### 3. Nieuwe uitdagingen

Afgezien van de organisatie van het onderzoek en gegevens verzameling blijven er nog een aantal andere uitdagingen voor het zee- en kustonderzoek.

#### *What if*

Modellen zijn bij uitstek aangewezen om inzicht te verkrijgen in de fysica, verbanden te onderzoeken en "voorspellingen" te doen. Ze zijn bijgevolg een onmisbaar hulpmiddel geworden voor een geïntegreerd kust- en zeebeheer. Het is echter bijzonder belangrijk precies te weten wat een model kan en wat zijn beperkingen zijn. Een

model is altijd *slechts* een model: slechts een beperkt aantal processen en hun (beperkt aantal) interacties worden gemodelleerd met een beperkte (ruimtelijke) resolutie en nauwkeurigheid. Daarom is een correcte interpretatie van de resultaten en hun nauwkeurigheid dan ook van kapitaal belang. Kleine fouten in de startgeometrie van een morfologisch model (bv. ten gevolge van een te grove ruimtelijke resolutie) kunnen soms sterk geamplifieerd worden en volkomen verkeerde voorspelling opleveren. Op de Vlaamse banken is de maaswijdte die nodig is van de orde van meters!

In de toekomst hebben we m.i. nood aan meer "integrerende modellen", waarin niet alleen een aantal **processen** gemodelleerd worden maar waarmee een **systeem** gesimuleerd wordt, waarin de verschillende processen en hun interacties in rekening worden gebracht.

Zo zijn bv. de morfologische veranderingen van een systeem (een kustgebied bvb.) afhankelijk van hydrodynamische processen, erosie en transport maar ook van biologische (bv. wormen en grazende schaaldieren) en (klein of grootschalige) meteorologische processen (wind, winderosie, El Nino en La Nina, de Atlantische circulatie, de Arctische oscillatie,...).

Voor het evalueren van het effect van grootschalige projecten zoals Flyland en Windmolenparken in zee zijn dergelijke systeemmodellen onontbeerlijk: wat zal er *echt* gebeuren indien...?

*"Eén plus één kan meer zijn dan twee".*

Het is duidelijk dat systeemkennis slechts kan verkregen worden als we multidisciplinair te werk gaan. Dit gaat verder dan multidisciplinaire teams samen te stellen. Het veronderstelt ook dat we elkaars taal spreken. Vaak worden in verschillende disciplines verschillende vocabularia of jargons gebruikt, andere methodologieën gehanteerd (bv. voor het definiëren en meten van bepaalde parameters, zodat meetresultaten niet vergelijkbaar zijn) en andere tijdschriften gelezen. Zo is bv. de literatuur met betrekking tot "slib" totaal verschillend voor hydrodynamici, geologen, scheikundigen, biologen, ... Het gaat nochtans over hetzelfde slib! Dit is een voorbeeld waar een substantiële stap voorwaarts slechts kan gezet worden door een integratie van biologie, scheikunde, sedimentologie, hydrodynamica (turbulentie).

*"In nature's infinite book of secrecy, a little I can read, Shakespeare in "Anthony and Cleopatra").*

We moeten vanzelfsprekend blijvend oog hebben voor lange termijn effecten en het effect van uitzonderlijke gebeurtenissen (*"La catastrophe est l'essentiel du système"*, Chabert d'Hières over de Noordzee). Hierbij moeten we uitgaan van realistische inzichten en beseffen dat we nog veel niet weten. De boodschappen i.v.m. de effecten van de global (climate) change moeten daarom misschien gedeeltelijk gedemystificeerd worden. We kunnen het beleven dat dezelfde dag in dezelfde krant (zij het op een andere bladzijde) staat dat de ijskap van Antarctica (op bepaalde plaatsen, maar dat wordt er niet bij gezegd) toeneemt en dat het smelten van het ijs op Antarctica bijdraagt tot de globale zeespiegelstijging...

Een globale zeespiegelstijging is trouwens nog iets anders dan een lokale zeespiegelrijzing.

*"De Vlamingen die tussen Cadzand en Brugge dijken bouwen..." (Dante Alighieri in "Divina Comedia").*

In onze ijver voor natuur en milieu mogen we bij dit alles veiligheid niet uit het oog verliezen. In het licht van de bestaande onzekerheid bv. over de toekomstige zeespiegelrijzing is het daarom belangrijk om niet meer "een ontwerpstorm" of "een veiligheidsniveau" te definiëren, maar eerder verschillende scenario's te vergelijken in de zin

van: "indien de zeespiegelrijzing zoveel bedraagt en indien het afvoerregime van de Rijn zus en zo verandert t.g.v. een toename van de neerslag die weer zelf het gevolg is van de globale klimaatsverandering, dan ..."

#### 4. Conclusies

Niettegenstaande grote geleverde inspanningen blijven nog altijd lacunes bestaan in het zee- en kustonderzoek. De geschikte data zijn niet altijd voor handen om de modellen te ijken of te valideren; gedistribueerde data in ruimte en tijd verkregen door remote sensing technieken zullen hier ongetwijfeld een kentering brengen. Modellen beschrijven de werkelijkheid slechts zeer gedeeltelijk; de uitkomsten ervan moeten kritisch geïnterpreteerd worden. Er is nood aan meer systeemmodellen. Hierbij lijkt het onontbeerlijk om meer inter-disciplinair tewerk te gaan. In het licht van de bestaande onzekerheden bv. met betrekking tot de "global climate change" moet men zich hoeden absolute uitspraken te doen, maar nagaan hoe de veiligheid varieert in functie van verschillende mogelijke scenario's.

#### 5. Referenties

1. "Overzicht van geldstromen naar kust en zee: uitvoering, financiering en ondersteuning van het marien wetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen", J. Strubbe, R. Herman, J. Mees, VLIZ studiedag "Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen", Oostende 09.11.2001
2. R. Herman op de Website van AWI
3. "Effecten en kennisleemten m.b.t. de inpassing van een luchthaveneiland in zee", onderzoeksrapport fase 1, workshop 22 en 23 november, 2001, Rotterdam
4. G. Radach, [www.ifm.uni-hamburg.de/~wwwem/pub/NRDB\\_p1.html](http://www.ifm.uni-hamburg.de/~wwwem/pub/NRDB_p1.html)



## MONITORING VAN DE VERDROGINGS- EN VERZILTINGSPROBLEMATIEK IN HET KUSTGEBIED

Dieter Vandeveld

Lic. Dieter Vandeveld. Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Universiteit Gent. Krijgslaan 281, S8, B-9000 Gent. Tel. + 32 9 264 46 33; Fax. + 32 9 264 49 88. E-mail: [dieter.vandeveld@rug.ac.be](mailto:dieter.vandeveld@rug.ac.be)

---

### 1. Inleiding

De ondiepe ondergrond in het kustgebied is opgebouwd uit ongeconsolideerde sedimenten van mariene en continentale oorsprong. Het is een pakket bestaande uit een afwisseling van zandige, siltige, kleiige en venige lagen. Hydrogeologisch gezien worden zandige lagen door hun grove korrel beschouwd als goed doorlatende lagen, terwijl siltige, kleiige en venige lagen eerder matig tot slecht doorlatend zijn. Deze afwisseling van goed, matig en slecht doorlatende lagen heeft een belangrijke invloed op grondwaterstromingspatronen en grondwaterkwaliteit. In goed doorlatende lagen zal het grondwater zich vrij gemakkelijk lateraal verplaatsen, terwijl in matig tot slecht doorlatende lagen de grondwaterstroming trager en voornamelijk vertikaal zal gebeuren. Door de goed doorlatende eigenschappen van zandige lagen zal grondwater hierin vrij gevoelig zijn voor veranderingen in waterkwaliteit, dit in tegenstelling met matig tot slecht doorlatende lagen waar de kwaliteit van het grondwater weinig in de tijd zal variëren.

Naast de lithologische opbouw van het grondwaterreservoir hebben verschillende processen een belangrijke invloed op de grondwaterkwaliteit en grondwaterstromingspatronen. De kwaliteit van het grondwater hangt samen met verschillende processen die in het grondwaterreservoir kunnen optreden. De voornaamste zijn oplossing- en neerslagreacties, redoxprocessen, kationuitwisselingsreacties en complexvormingsreacties. Getijden zorgen voor wisselende grondwaterstanden en -stromingen, en neerslag voor een verzoeting van het ondiepe gedeelte van het grondwaterreservoir. De laatste 2000 jaar spelen antropogene invloeden een belangrijke rol, zoals drainage, irrigatie, grondwaterwinning, bemaling, grondbewerking, grote waterbouwkundige werken, agrarische en industriële pollutie.

Grondwaterstromingspatronen en grondwaterkwaliteit in het kustgebied zijn dus het resultaat van een complexe interactie tussen verschillende natuurlijke en antropogene processen.

### 2. Het Quartair aquifersysteem

Het Quartair aquifersysteem wordt gedefinieerd als het pakket slecht, matig en goed doorlatende lagen boven de klei van de Formatie van Kortrijk (Tertiair). Deze klei vormt door zijn homogeniteit, dikte en laterale continuïteit een zeer slecht doorlatende laag en daarom de basis van het Quartair aquifersysteem. De slecht doorlatende lagen binnen het aquifersysteem zijn eerder heterogeen en discontinu. Aangezien de top van het Tertiair in het kustgebied niet alleen gevormd wordt door de klei van de Formatie van Kortrijk, maar ook door zandige afzettingen van de formatie van Maldegem, Aalter, Gent en Tielt, worden deze goed doorlatende afzettingen opgenomen in het Quartair aquifersysteem. Dit aquifersysteem bestaat dus uit Quartaire en Tertiaire afzettingen met aan de basis de klei van de Formatie van Kortrijk. De gemiddelde dikte van het Quartair aquifersysteem bedraagt 25 m.

### 3. De verziltings- en verdrogingsproblematiek

Toen de zee zich terugtrok uit het kustgebied, bleef een ondergrond verzadigd met zout water achter. Het gebied was nu onderhevig aan continentale processen. Door neerslag ontstond zoet oppervlaktewater dat infiltreerde in de bodem en geleidelijk aan zorgde voor een verzoeting van het grondwaterreservoir. Het zoute grondwater werd teruggedrongen naar diepere lagen. De belangrijkste infiltratiegebieden waren de gebieden waar goed doorlatende lagen dagzoomden zoals duinen en kreekkruggen. Hierdoor ontstonden grondwaterstromingspatronen die vanuit de duinen en kreekkruggen gericht waren naar zee en poldergebied. In laaggelegen poldergebieden ontstond hierdoor een kwel van zout grondwater. Tussen het duingebied en de zee ontstond een grondwaterstromingspatroon waarbij een ondiepe stroming optrad van zoet grondwater vanuit de duinen naar de zee en een diepe stroming van zout grondwater vanuit de strandzone naar het duingebied. Er stelde zich dus een evenwichtssituatie in afhankelijk van neerslag, evapotranspiratie, zeespiegelstijgingen en -dalingen.

Het verzoetend proces had als resultaat dat er belangrijke zoetwaterlenzen ontstonden in het kustgebied. Aangezien de ondergrond van het duingebied voornamelijk is opgebouwd uit goed doorlatende lagen, vormden zich hier de grootste zoetwaterlenzen, waarvan sommige reikten tot op de Tertiaire klei.

Toen de mens ten tonele verscheen ontstonden wijzigingen in het natuurlijk evenwicht. Door o.a. waterwinning, irrigatie, drainage, bemalingen en waterbouwkundige werken werden natuurlijke grondwaterstromingspatronen verstoord. Enerzijds had dit als resultaat dat in sommige gebieden de gemiddelde grondwaterstand verlaagde waardoor er een verdroging optrad van het gebied met belangrijke gevolgen voor fauna en flora. Anderzijds hadden deze ingrepen een impact op het natuurlijk verzoetingsproces. Waar zoet grondwater op grote schaal werd opgepompt, werd op sommige plaatsen de natuurlijke stroming vanuit infiltratiegebieden zoals duinen en kreekgebieden verstoord en ontstond een stroming van zout water vanuit de polders en de strandzone naar de duinen en kreekgebieden.

### 4. Onderzoek

In de periode 1963 tot 1973 werd de verziltingstoestand vastgelegd op een verziltingskaart (De Breuck *et al.*, 1963-1973). Deze kaart geeft de diepte van het grensvlak weer tussen zoet en zout water (TDS = 1500 mg/l). Op deze kaart is duidelijk merkbaar dat belangrijke zoetwaterlenzen gesitueerd zijn ter hoogte van duingebieden en kreekkruggen (zie fig. 1).

Na 1973 werden er nog verschillende studies uitgevoerd in het kustgebied, maar een grootschalig onderzoek over het volledige kustgebied werd sindsdien niet meer uitgevoerd.

Nu komt Europa echter om de hoek kijken. In het kader van de Europese Kaderrichtlijn dienen de lidstaten ernaar te streven de achteruitgang van de toestand van het grondwater te voorkomen, grondwaterlichamen herstellen en zorgen voor een evenwicht tussen onttrekking en aanvulling van grondwater, teneinde in alle grondwaterlichamen een goede grondwatertoestand te bekomen. Om de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn te verwezenlijken heeft de Vlaamse Regering in haar milieubeleidsplan, en meer bepaald via het thema verdroging, een herstelprogramma opgenomen om de grondwaterwinningen in het kustgebied te laten afstemmen op de draagkracht van het watersysteem. Om dergelijk herstelprogramma te kunnen uitwerken is er informatie nodig over de evolutie van het grondwaterpeil en de zoet-zoutwaterverdeling in het kustgebied. De voorbije tientallen jaren werden er geregeld onderzoeken uitgevoerd door verschillende instanties in het kader van verschillende studies, maar het ontbrak tot nu toe aan een meetnet die toeliet om het beheer van de zoetwatervoorraden te ondersteunen en de



verdroging en verzilting in het volledige kustgebied op te volgen. Wel is een potentieel aan waarnemingsputten aanwezig die kunnen gebruikt worden om een dergelijk meetnet uit te bouwen. In opdracht van Aminal-Afdeling Water werd daarom in april 2001 gestart met de uitbouw van een primair grondwatermeetnet in het kustgebied.

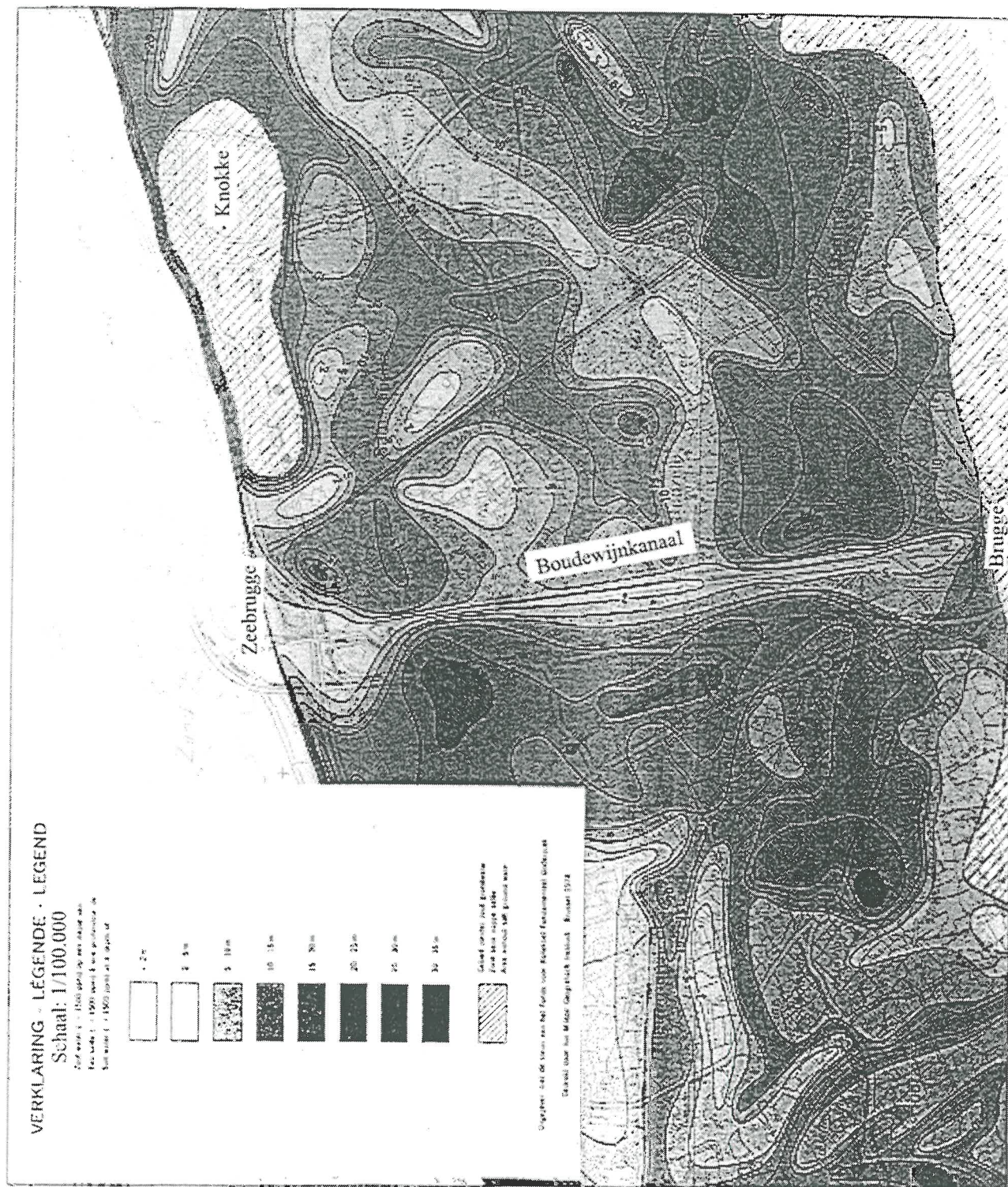


Fig. 1: Uittreksel uit de verziltingskaart (De Breuck et al., 1963-1973)

## 5. Monitoring van grondwater

Grondwatermonitoring gebeurt voornamelijk met behulp van waarnemingsputten (ook peilbuizen, peilputten, piëzometers of gewoon putten genoemd). Deze PVC-buizen zijn onderaan voorzien van een filter en worden vertikaal in de grond geplaatst, snijdend met de watertafel. Ter hoogte van het filterniveau stroomt grondwater de waarnemingsput binnen wat toelaat om stijghoogten op te meten en waterstalen te nemen om kwaliteitsanalyses uit te voeren.

Door het plaatsen van filters op verschillende dieptes in éénzelfde boorgat of op kleine afstand van elkaar, kan een beeld verkregen worden over de toestand van het grondwater op verschillende dieptes in het Quartair aquifersysteem.

De monitoring van de zoet-zoutwaterverdeling gebeurt bij voorkeur m.b.v. geleidbaarheidsmetingen en grondwaterkwaliteitsanalyses, terwijl de bepaling van grondwaterstromingspatronen gebeurt door het opmeten van stijghoogten.

## 6. Zoetwaterstijghoogten

Grondwaterstanden in waarnemingsputten geven ons enerzijds informatie over de fluctuaties van de grondwaterspiegel in een bepaald gebied en anderzijds kunnen horizontale en verticale grondwaterstromingspatronen eruit afgeleid worden. Hydraulische stijghoogten worden opgemeten door de diepte van het waterpeil te meten t.o.v. een vast referentiepunt, meestal het maaiveld of de top van de waarnemingsput. Dit referentiepunt wordt genivelleerd in mTAW. Om grondwaterstromingspatronen te kunnen afleiden uit stijghoogten, dient de dichtheid van het water dezelfde te zijn. Meestal gebruikt men hiervoor zoetwaterstijghoogten, dus een stijghoogte indien de waterkolom in de waarnemingsput volledig bestaat uit zoet water. Bij grondwaterreservoirs die gevuld zijn met zoet, zout en brak water (zoals in het kustgebied) is het daarom niet voldoende om alleen de diepte van het water te meten; voor het bepalen van een zoetwaterstijghoogte dient het specifiek gewicht van de waterkolom in rekening gebracht te worden. Hierbij wordt verondersteld dat de waterkolom over de volledige lengte van de waarnemingsput bestaat uit water met één specifiek gewicht. Wanneer dit niet het geval is, dienen de verschillende specifieke gewichten gekend te zijn, alsook hun overeenkomstige diepte-intervallen. Dit wordt afgeleid uit resistiviteitsmetingen die in het boorgat of in de waarnemingsput zelf worden uitgevoerd.

Stijghoogten worden beïnvloed door getijden, neerslag, nabijgelegen oppervlaktewater en antropogene invloeden zoals drainage, irrigatie en waterwinning. Het maandelijks opvolgen van de grondwaterstand is een minimum om algemene tendenzen in grondwaterstanden op te volgen. Om kortstondige fluctuaties in grondwaterstanden op te meten dient gebruik te worden gemaakt van automatische registratie-apparatuur zoals bvb. 'Divers'.



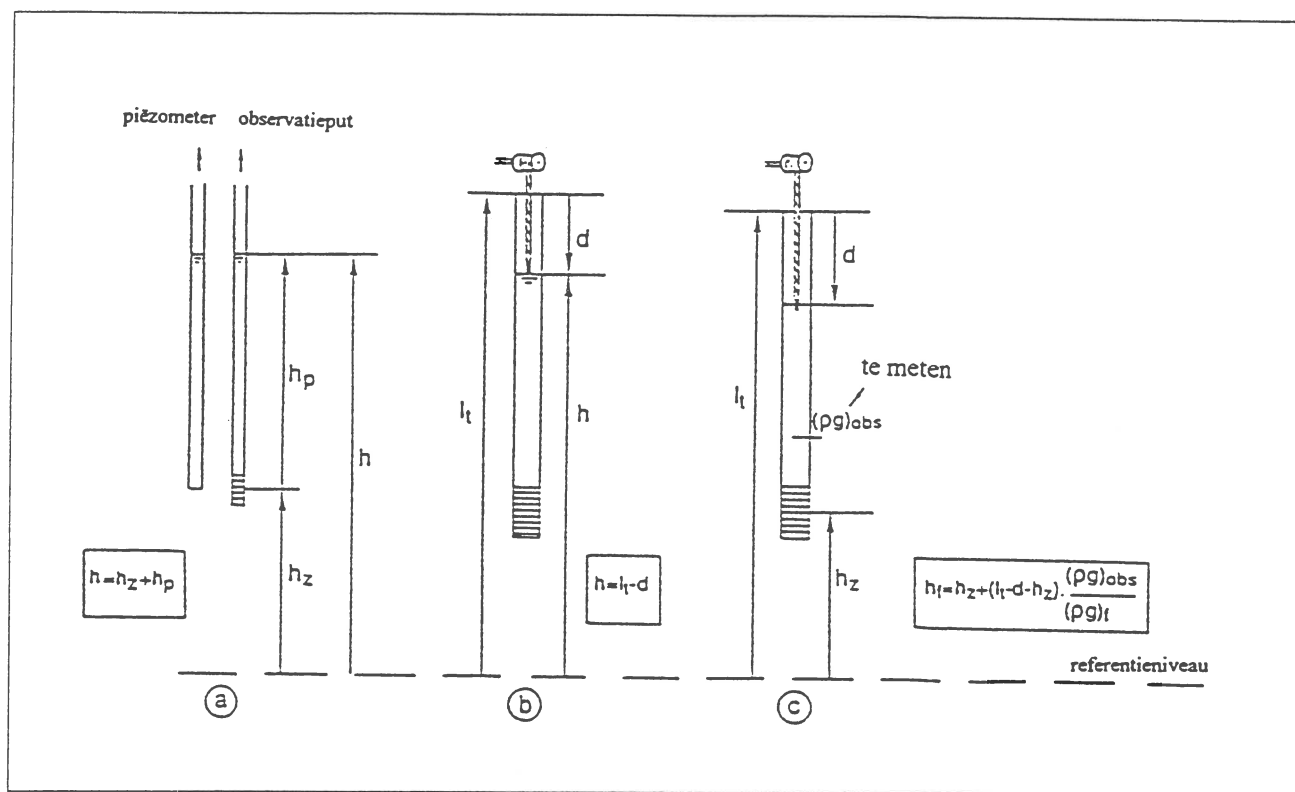


Fig. 2: De hydraulische stijghoogte,  $h$ , als de som van de plaatshoogte,  $h_z$ , en de drukhoogte,  $h_p$ . In de praktijk wordt de top van de waarnemingsput of het maaiveld,  $l_t$ , gemeten en de diepte van de waterkolom ten opzichte van het maaiveld. De zoetwaterstijghoogte,  $h_f$ , is een functie van de stijghoogte  $h_z$ , de lengte van de waterkolom in de waarnemingsput ( $l_t - d - h_z$ ) en de verhouding van het specifiek gewicht van de waterkolom geobserveerd in de waarnemingsput  $(\rho g)_{obs}$  en het specifiek gewicht van het zoet water  $(\rho g)_f$  (Lebbe, 1999).

## 7. Monitoring zoet-zoutwaterverdeling

Zoet en zout water kunnen van elkaar onderscheiden worden door meting van de geleidbaarheid. De reciproke waarde van de geleidbaarheid is de resistiviteit. De resistiviteit van het grondwater (poriënwater) kan bepaald worden door resistiviteitsmetingen uit te voeren op een waterstaal afkomstig uit een waarnemingsput. Deze geeft echter informatie over de resistiviteit van het grondwater t.h.v. een bepaald filter-interval (lengte meestal 1 m). Door het uitvoeren van geofysische boorgatmetingen, waarbij de formatieresistiviteit wordt gemeten, kan de resistiviteit van het grondwater afgeleid worden over het volledige diepte-interval van de waarnemingsput.

Het uitvoeren van resistiviteitsmetingen m.b.v. de lang-normaal en kort-normaal opstelling in het boorgat net voor het plaatsen van de waarnemingsput, geeft al een eerste beeld van de zoet-zoutwaterverdeling rond het boorgat. Deze opstelling is opgebouwd uit twee stroomelektroden (A en B) en twee spanningselektroden (M en N) (zie fig. 3). Deze opstelling wordt de 'vierpuntelektrodenopstelling' genoemd. De stroomelektrode B en de spanningselektrode N worden op grote afstand van elkaar en van het boorgat aan het maaiveld opgesteld. Op de sonde die zich in het boorgat bevindt, zijn vier ringelektroden aangebracht (twee stroomelektroden A1 en A2 en twee spanningselektroden M1 en M2). De elektrische stroom verspreidt zich met een bolvormige symmetrie in alle richtingen vanuit de



stroomelektrode A. Er ontstaat een spanningsverschil wanneer de stroom door een medium met een bepaalde resistiviteit vloeit (wet van Ohm). De stroom wordt constant gehouden, terwijl het spanningsverschil gemeten wordt. Hieruit wordt de formatieresistiviteit afgeleid.

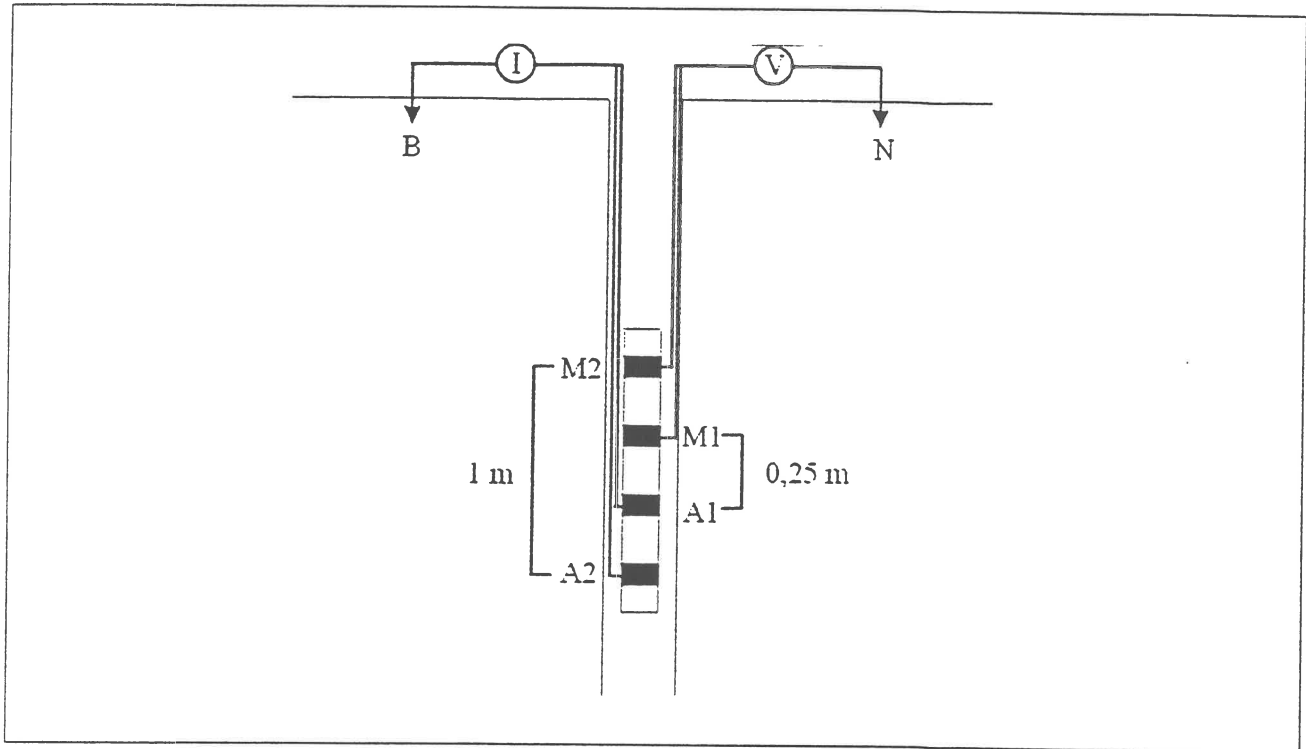


Fig. 3: Elektrodenrangschikking voor de kort- en lang-normaal opstelling (resp. 0.25 en 1 m tussen de twee elektroden A en M)

Lang-normaal en kort-normaal opstellingen laten echter niet toe om metingen te verrichten in verbuisde boorgaten aangezien deze opstellingen een geleidend medium vereisen tussen de meetsonde en de sedimenten rond het boorgat. Bovendien worden deze metingen beïnvloed door het boorgat en de boormodder. De gefocusseerde elektromagnetische inductiemethode daarentegen is ongevoelig voor de waarnemingsput en het boorgat waardoor metingen kunnen verricht worden in verbuisde boorgaten. Dit laat toe om de evolutie van de zoet-zoutwaterverdeling rond een waarnemingsput in de tijd op te volgen.

De EM39-sonde is een elektromagnetische inductielogger, specifiek ontworpen voor gebruik in verbuisde boorgaten (zie fig. 4). Een wisselstroom wekt een primair magnetisch veld op dat een elektrische stroom genereert in het omgevend sediment (zogenaamde Eddy-stromen). Deze elektrische stroom genereert op zijn beurt een secundair magnetisch veld dat geregistreerd wordt door de sonde. Aangezien de grootte van het secundair magnetisch veld proportioneel is met de geleidbaarheid van het omgevend sediment, kan de geleidbaarheid rechtstreeks op het toestel worden afgelezen. Door de sonde in de waarnemingsput neer te laten wordt een beeld verkregen van de geleidbaarheid in functie van de diepte. De resultaten worden weergegeven op een curve met de geleidbaarheid in abscis en de diepte in ordinaat. Deze curven laten toe om de waterkwaliteitsverdeling nabij de waarnemingsput af te leiden (zie fig. 5).

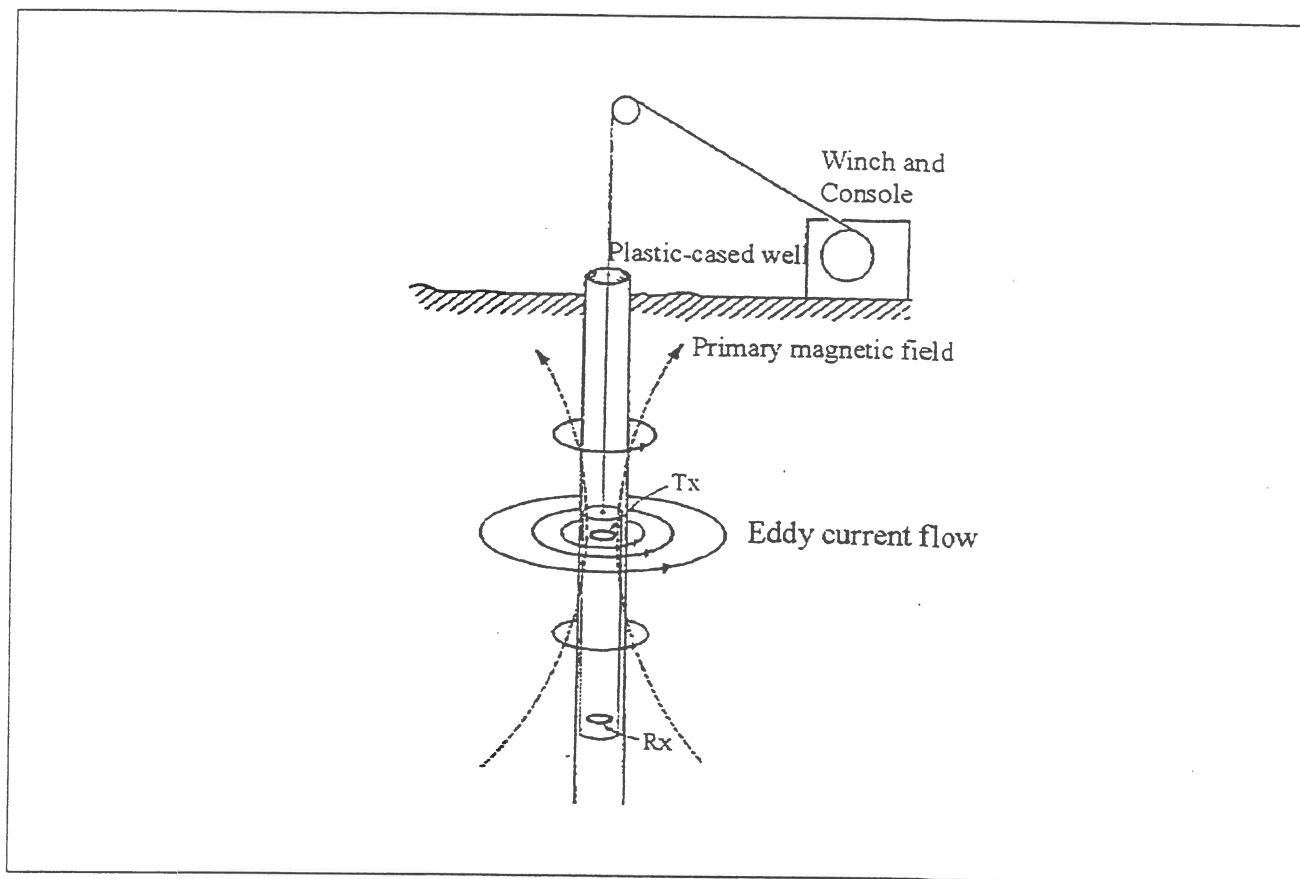


Fig. 4: De gefocusseerde elektromagnetische inductiemethode (Rx is de ontvangerspoel, Tx is de zendspoel) (McNeill *et al.*, 1990)

Voor een inschatting van de kwaliteit van het poriënwater wordt enerzijds beroep gedaan op het verband tussen de gemeten formatieresistiviteit en de poriënwaterresistiviteit (formule van Archie) en anderzijds op het verband tussen de poriënwaterresistiviteit en de TDS (total dissolved solids, in mg/l).

Wet van Archie (1942):

$$F = \frac{\rho_t}{\rho_w}$$

met F = formatiefactor

$\rho_t$  = resistiviteit formatie ( $\Omega m$ )

$\rho_w$  = resistiviteit poriënwater ( $\Omega m$ )

Voor het Vlaamse kustgebied wordt een gemiddelde formatiefactor aangenomen van 3,2. Het verband tussen de TDS en de resistiviteit van het poriënwater wordt gegeven door (Lebbe & Pede, 1986):

$$\rho_w (\Omega m) = \frac{10^4}{\text{TDS (mg/l)}} \quad (\text{bij } 10 \text{ à } 11 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Op basis van voorgaande werd een tabel opgesteld rekening houdend met de classificatie opgesteld door De Moor & De Breuck (1969). De geleidbaarheid is de reciproke waarde van de resistiviteit.

Geleidbaarheid formatie (mS/m)	TDS (mg/l)	Kwaliteitsbeoordeling
< 50	< 1600	Zoet
50 – 400	1600 – 12800	Brak
> 400	> 12800	Zout

## 8. Case studie: zoet-zoutwaterverdeling in de nabijheid van het Boudewijnkanaal

Figuur 5 toont het geleidbaarheids- of conductiviteitsprofiel van een waarnemingsput gelegen naast het Boudewijnkanaal. Deze meting werd uitgevoerd in opdracht van Aminoal-Afdeling Water. Naast het geleidbaarheidsprofiel wordt een vereenvoudigde litholog voorgesteld. Bij de interpretatie van de geleidbaarheidsmeting dient hiermee rekening gehouden te worden aangezien bij een zoet grondwater de kleiige afzettingen een hogere geleidbaarheid zullen vertonen in vergelijking met zandige afzettingen. Dit komt enerzijds doordat kleimineralen geleidend zijn (alvast meer dan een kwartskorrel) en anderzijds door de hoge porositeit van de kleiige afzettingen.

Uit het profiel valt af te leiden dat een kleine geleidbaarheid wordt gemeten in de bovenste 5 m van het profiel. Hierna stijgt de geleidbaarheid en bereikt haar maximale waarde op een diepte van 17 m. Hieronder komt terug een zone voor met lagere geleidbaarheden.

Op een diepte van 20 en 32 meter treden de belangrijkste veranderingen in lithologie op. In dit interval zijn meer kleiige afzettingen aanwezig, waardoor in geval van een zoet grondwater hogere geleidbaarheden zouden gemeten worden. De scherpe sprong op een diepte van 7 m komt niet overeen met een belangrijke verandering in lithologie en wordt toegeschreven aan een toenemende geleidbaarheid van het poriënwater. Het grondwater wordt dus brakker op een diepte van 7 m. De geleidbaarheid bereikt waarden groter dan 400 mS/m, zodat we in dit gedeelte van het grondwaterreservoir kunnen spreken over een zout grondwater.

Wanneer we vergelijken met de verziltingskaart (zie fig. 1) merken we op dat de zoet-zoutwatergrens in de omgeving van het Boudewijnkanaal vrij ondiep ligt (ca. 5 m t.o.v. het maaiveld). Dit is duidelijk in overeenstemming met de geleidbaarheidsmeting: op een diepte van 5 m wordt een geleidbaarheid gemeten van 40 mS/m (1500 mg/l TDS).

De daling van de geleidbaarheid vanaf 17 m diepte houdt verband met een verandering in lithologie. Het sediment wordt kleiiger, waardoor het grondwater minder mobiel wordt en dus belangrijke kwaliteitswijzigingen zich minder snel doorzetten. Het kleiig pakket op een diepte van 20 tot 32 m verhindert dus een verdere verspreiding van het zoute grondwater naar diepere lagen.

Het voorkomen van ondiep brak tot zout grondwater in de omgeving van het Boudewijnkanaal vindt zijn oorzaak in de hogere ligging van het kanaalpeil t.o.v. het draineringspeil van het omliggend poldergebied. Door sluiswerking in Zeebrugge stroomt zeewater het kanaal binnen waardoor een verzilting optreedt van het kanaalwater. Door de hogere ligging van het kanaal treedt er een grondwaterstroming op vanuit het kanaal naar het omliggend poldergebied. Hierdoor ontstaat een verzilting van het ondiepe grondwaterreservoir in de nabije omgeving van het Boudewijnkanaal. Op sommige plaatsen is de zilte kwel duidelijk in het landschap merkbaar door het voorkomen van zilte vegetatie.

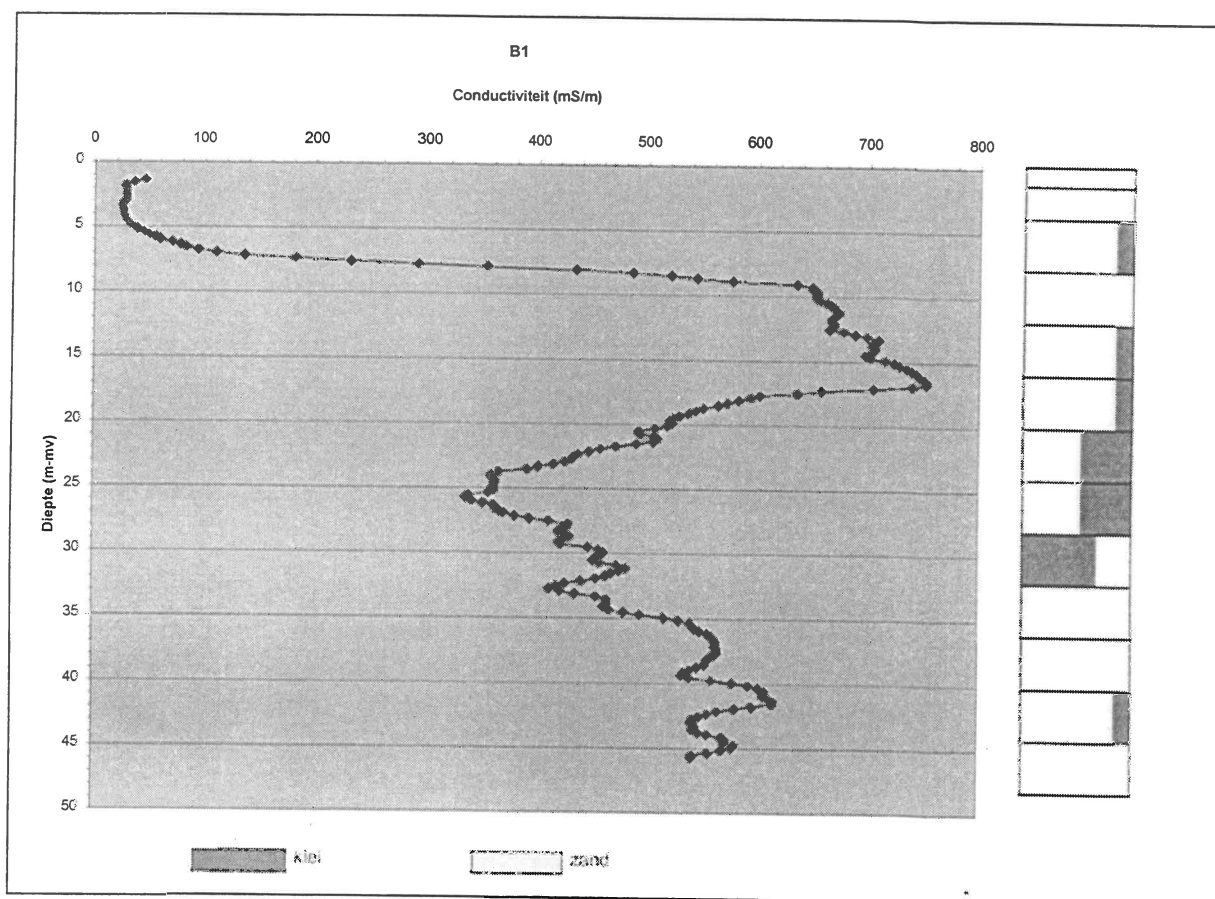


Fig. 5: EM39-meting uitgevoerd in een waarnemingsput gelegen naast het Boudewijnkanaal (Vandeveld *et al.*, 2002)

Door gebruik te maken van de EM39-sonde kan dus de zoet-zoutwaterverdeling in de nabijheid van een waarnemingsput opgevolgd worden. Voorwaarden zijn echter dat deze waarnemingsput geen metalen onderdelen bevat die de meting kunnen beïnvloeden en dat de diameter van de waarnemingsput voldoende groot is (min. 63 mm) om de sonde erin te kunnen laten afdalen.

Om belangrijke wijzigingen in de zoet-zoutwaterverdeling, geregistreerd door de EM39, na te gaan, kunnen waterkwaliteitsanalyses uitgevoerd worden om de meting te bevestigen. Wateranalyses hebben echter het nadeel dat ze representatief zijn voor een beperkt diepte-interval in het aquifersysteem.

## 5. Besluit

De monitoring van de verdrogings- en verziltingsproblematiek in het kustgebied dient enerzijds gesteund te zijn op peilmetingen ten einde zoetwaterstijghoogten te kunnen bepalen waardoor grondwaterstromingspatronen kunnen afgeleid worden, anderzijds op het uitvoeren van gefocuseerde elektromagnetische inductiemetingen waardoor een beeld wordt verkregen van de zoet-zoutwaterverdeling in de nabijheid van de waarnemingsput. Waterkwaliteitsanalyses kunnen aangewend worden om een algemeen beeld te verkrijgen van de kwaliteit van het grondwater in het kustgebied en vormen een belangrijke aanvulling op de EM39-metingen.

## 6. Referenties

1. De Breuck, W., De Moor, G., Maréchal, R. & Tavernier, R. (1963-1973). Diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de freatische laag van het Belgische kustgebied.
2. De Moor G. & De Breuck W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. *Natuurwetenschappelijk tijdschrift*, 51, pp. 3-68.
3. Lebbe, L. & Pede, K. (1986). Salt-fresh water flow underneath old dunes and low polders influenced by pumpage and drainage in the Western Belgian coastal plain. *Proceedings of the 9th Salt Water Intrusion Meeting, Delft 1986*. pp. 199-220.
4. Lebbe, L. (1999). *Hydraulic Parameter Identification. Generalized Interpretation Method for Single and Multiple Pumping Tests*. Berlijn Springer Verlag, 359 p.
5. McNeill, J.D., Bosnar, M. & Snelgrove, F.B. (1990). *Resolution of an electromagnetic borehole conductivity logger for geotechnical and groundwater applications*. Technical note TN-25.
6. Vandeveld, D. & Lebbe, L. (2002). *Optimalisatie van het meetnet voor de monitoring van de verdrogings- en verziltingsproblematiek in het Vlaamse kustgebied* (in opdracht van Aminal-Afdeling Water). Rapport in voorbereiding.



## WATERWINNING IN DE DUINEN

Emmanuel Van Houtte

Emmanuel Van Houtte, Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA), Doornpannestraat 1, 8670 Koksijde. Tel. +32 58 533 837; Fax +32 58 533 839.

E-mail: emmanuel.vanhoutte@iwva.be

---

### Inleiding

Sedert het begin van de vorige eeuw wordt water gewonnen uit de Vlaamse duinen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening. Dit gebeurde het eerst in Duinbergen waar in 1901 een watertoren werd gebouwd en een waterwinning aangelegd in Park 58. In 1913 werd ook Knokke voorzien van drinkwater door het aanleggen van een filterbatterij in de 'Golf'. Gedurende de Eerste Wereldoorlog werd in Cabour een waterwinning aangelegd voor het Belgisch leger die in 1924 werd overgenomen door wat nu de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) is.

Al vlug bleek de vraag naar drinkwater te stijgen waardoor de waterwinning in deze bestaande gebieden werd uitgebreid. Na de Tweede Wereldoorlog heeft de IWVA aan de Westkust 2 bijkomende waterwinningen in gebruik genomen : Sint-André (1947) en Westhoek (1967). In Bredene werd in 1948-1949 een kleinere waterwinning aangelegd door de VMW.

Reeds in de beginfase werden de drinkwatermaatschappijen geconfronteerd met de beperkingen van duinwaterwinning in Vlaanderen. Door de aanwezigheid van zout water ten noorden (strand en zee) en ten zuiden (polders) van de duinen, en de beperkte breedte van onze duinengordel, moet de duinwateronttrekking zorgzaam gebeuren. Daardoor is de productiecapaciteit van deze winningen gelimiteerd.

Vanaf de jaren zeventig hebben ook de natuurbeschermers waterwinning in de duinen gecontesteerd. De verlaging van de watertafel heeft veel natuurwaarden verloren doen gaan. Maar de waterwinningen zijn niet alleen verantwoordelijk voor deze verlaagde grondwaterstanden. Ook de alsmaar uitbreidende bebouwing, meer verharde oppervlaktes, aanleg van rioleringen, illegale pompelingen, langdurige bronbemalingen, lagere polderpeilen hebben bijgedragen tot verminderde aanvulling van de watertafel of grotere afvloeï van duinwater. Verruiging van het duinlandschap treedt dan ook op buiten de invloedzones van waterwinning.

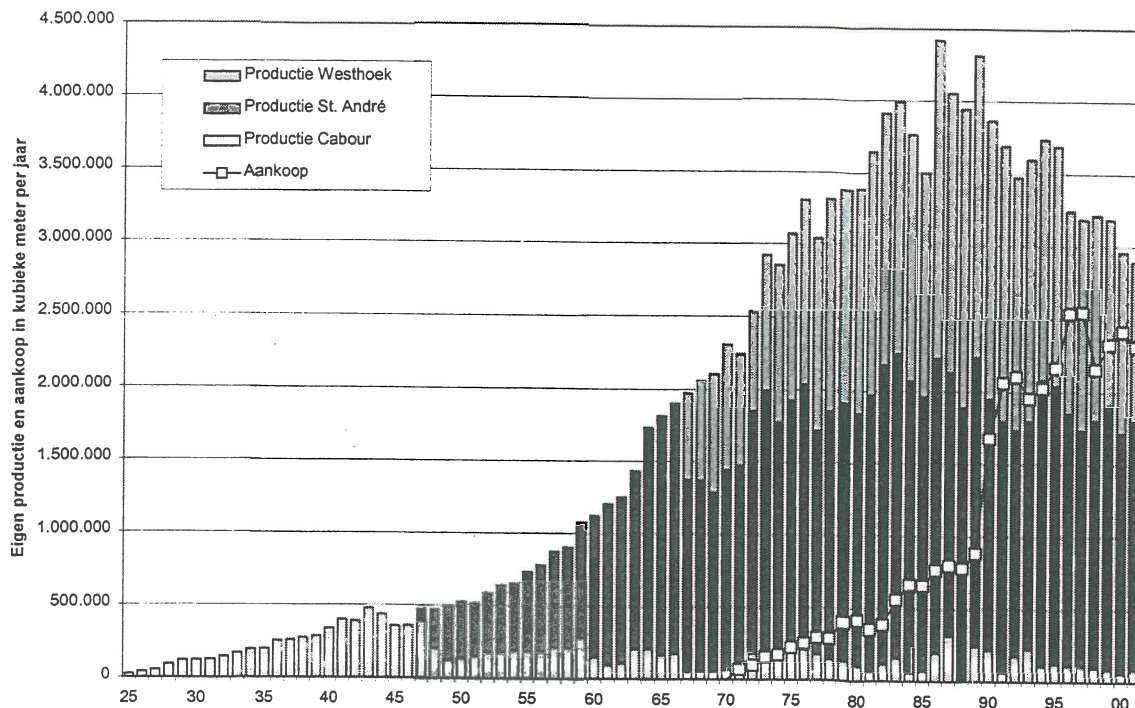
De waterwinning heeft als positief gevolg gehad dat belangrijke arealen duin gevrijwaard bleven als open ruimte. De IWVA alleen beschikt over ca 330 ha duinen. Zonder de waterwinning zou de Doornpanne nu waarschijnlijk volledig verkaveld zijn.

### Recente ontwikkelingen

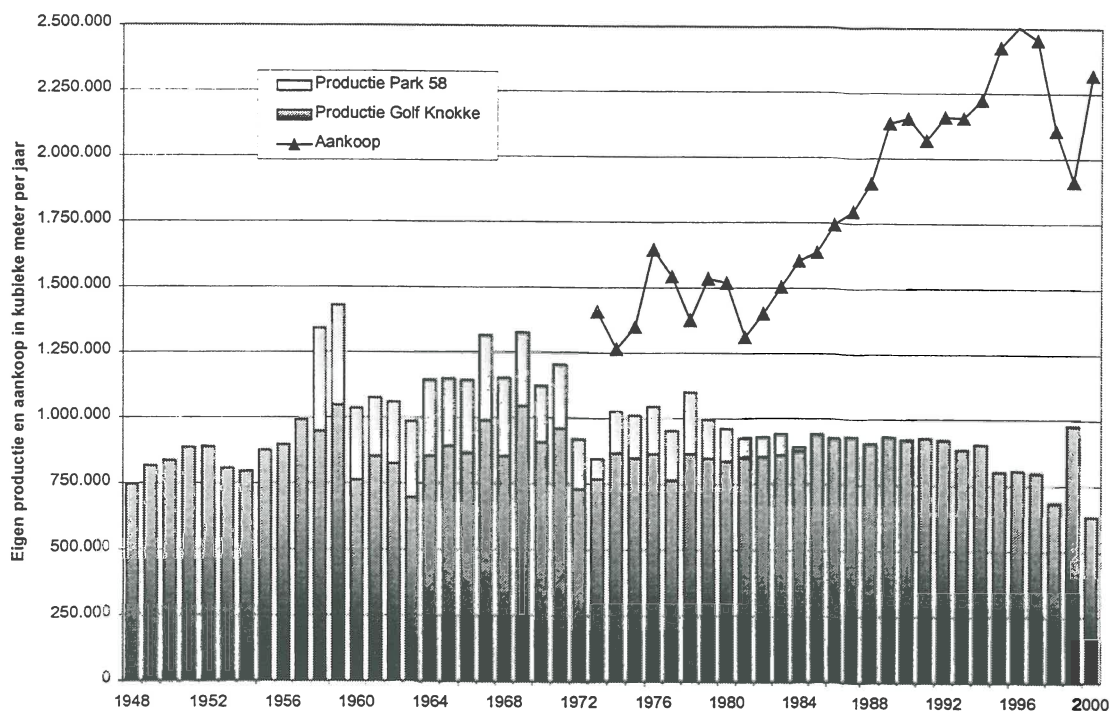
In de jaren '80 werden zowel de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) als het Gemeentelijk Waterbedrijf van Knokke-Heist (GWKH) geconfronteerd met een tekort aan drinkwater. Vanaf eind de jaren '80 kwam het besef dat de maximale wincapaciteit van de meeste duinwaterwinningen was bereikt of in het slechtste geval overschreden. Verdere verhoging van de onttrekking zou geleid hebben tot verzilting. Het

GWKH is in 1984 zelfs overgegaan tot het stilleggen van de winning van Park 58 omwille van kwaliteitsproblemen.

Een eerste oplossing bestond erin om drinkwater aan te kopen bij naburige maatschappijen (figuren 1 en 2).



Figuur 1. Evolutie van de productie en de aankoop van drinkwater door de IWVA



Figuur 2. Evolutie van de productie en de aankoop van drinkwater in Knokke-Heist

Omdat de vraag toen nog steeds toenam hebben de IWVA en het GWKH opdracht gegeven om te zoeken naar **alternatieve winningsmogelijkheden** <sup>1,2,3</sup>. Dit ging tevens gepaard met een veranderd beleid waarbij er nu ook aandacht was voor natuurbescherming en -ontwikkeling, maar ook voor educatie. De IWVA was de eerste maatschappij om een **beheersplan** op te stellen voor één van haar duingebieden <sup>4</sup> en dit op basis van voorstellen door het Instituut voor Natuurbehoud <sup>5</sup>. In het kader van het beheersplan, dat sedert 1994 operationeel is in de Doornpanne (Sint-André), werden reeds volgende zaken verwezenlijkt : begrazing, selectieve kappingen, bosvorming en de bouw van een bezoekerscentrum. Middels tentoonstellingen, geleide bezoeken en natuurwandelingen wordt o.a. grote aandacht besteed aan de natuurwaarden en aan rationeel waterverbruik.

## Duurzame waterwinning in de duinen van de westkust

### Project

Voor de IWVA bleek uit de hydrogeologische studie van het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Universiteit Gent dat door **kunstmatige aanvulling in de Doornpanne** de drinkwaterproductie kon worden verhoogd, terwijl de natuurlijke grondwateronttrekking toch nog kon worden verlaagd <sup>1</sup>. Het Instituut voor Natuurbehoud dat aansluitend de ecologische haalbaarheid van kunstmatige aanvulling bestudeerde, concludeerde dat infiltratie in het zuidelijk deel van de waterwinning van Sint-André mogelijk was, mits dit gekoppeld wordt aan de 'afbouw van de exploitatie van de natuurlijke zoetwatervoorraad in een aantal duincomplexen' en mits een 'ecologisch verantwoord beheer van de duinen' <sup>6</sup>.

Infiltratiewater kon geproduceerd worden door behandeling van drainagewater uit de polders dat ter hoogte van een zandige kreekrug, de Avekapellekreek, via de oever kon teruggewonnen worden <sup>1,7</sup>. In 1996 heeft de IWVA, in samenwerking met het GWKH, proeven opgestart met membraaninfiltratie in de Avekapellekreek. Omdat de realisatie van dit project lang kon duren, werd in 1997 gestart met proeven op rioolwatereffluent van het RWZI te Wulpen, geëxploiteerd door de NV Aquafin. Voor de productie van infiltratiewater werd geopteerd voor een combinatie van microfiltratie en omgekeerde osmose.

In 1998 werd de vergunning voor kunstmatige aanvulling verkregen. De totale infiltratiecapaciteit bedraagt 2.500.000 m<sup>3</sup>/jaar; alle geïnfiltreerde water wordt teruggewonnen. De verhoogde drinkwaterproductie wordt gecompenseerd door het verminderen van de natuurlijke grondwateronttrekking met 1.000.000 m<sup>3</sup>/jaar : 300.000 m<sup>3</sup>/jaar in Sint-André en 700.000 m<sup>3</sup>/jaar in de Westhoek (tabel 1).

Tabel 1. Evolutie van de drinkwaterproductie in Sint-André / Westhoek samen, bij kunstmatige aanvulling in Sint-André

	<b>Via natuurlijke grondwateronttrekking</b>	<b>Via kunstmatige aanvulling</b>	<b>Totaal</b>
<b>Toestand vóór infiltratie</b>	3.700.000 m <sup>3</sup> /jaar	0 m <sup>3</sup> /jaar	3.700.000 m <sup>3</sup> /jaar
<b>Toestand vanaf infiltratie</b>	2.700.000 m <sup>3</sup> /jaar - 27 %	2.500.000 m <sup>3</sup> /jaar	5.200.000 m <sup>3</sup> /jaar + 40 %

In 2000 werd de milieu- en bouwvergunning afgeleverd. Het totale project is een uitstekend voorbeeld van **integraal waterbeheer** waarbij de zoetwaterbronnen uit de omgeving, na verregaande voorzuivering, ingeschakeld worden in de drinkwaterproductie. Uiteindelijk zal de verminderde natuurlijke grondwateronttrekking, samen met actief natuurbeheer, een positieve invloed hebben op de natuurwaarden in deze duinen.

#### Kunstmatige aanvulling

In het zuidwestelijk deel van de waterwinning van Sint-André werd een infiltratiepand aangelegd van 500 m lang met een gemiddelde breedte van 40 m (figuur 3). Door de geringe diepte (maximaal 50 cm), de zacht hellende oevers, het golvend patroon van de oevers en de aanwezigheid van een 'eiland' zal het geheel een natuurlijke aanblik hebben. De schade aan de natuur is tot een minimum beperkt omdat het pand werd aangelegd in een zone waar een filterbatterij lag en omdat kwetsbare en waardevolle vegetatiezones werden ontzien.

Er werd maximaal gebruik gemaakt van de bestaande infrastructuur voor het terugwinnen van het geïnfiltreerde water. De 112 nieuwe pompputten, waarvan 28 oude putten waren die herboord zijn, werden grotendeels geplaatst in de bestaande tracés (figuur 3). Er wordt gewerkt met randbronnering zodat het aangevulde water niet ondergronds zal afvoeren naar de verdere omgeving.

De afstand tussen het infiltratiepand en de winputten werd gespreid om (eventuele) kwaliteitsverschillen af te vlakken wordt. De minimale verblijftijd werd op 6 weken begroot zodat het teruggewonnen water bacteriologisch zuiver zal zijn.

De hoge ecologische waarde van de duinen maakt het ook noodzakelijk strenge normen te stellen aan de kwaliteit van het infiltratiewater (tabel 2).

Tabel 2. Normen voor de kwaliteit van het infiltratiewater

Parameter	Infiltratienorm
Zuurgraad	>6,5 en <9,2
Temperatuur (°C)	25
Geleidbaarheid (µS/cm)	1.000
Calcium (mg Ca/l)	TH <40 °F
Magnesium (mg Mg/l)	50
Natrium (mg Na/l)	150
Totaal fosfor (mg P/l)	0,4
Nitraat (mg NO <sub>3</sub> /l)	15
Ammonium (mg NH <sub>4</sub> /l)	1,5
Sulfaat (mg SO <sub>4</sub> /l)	250
Chloriden (mg Cl/l)	250

Zo wordt vermeden dat de duinen, die van nature voedselarme milieu's zijn, zullen eutrofiëren door aanvoer van voedselrijk water. Beperking van het fosfaat- en zwevende stofgehalte verhindert bovendien de afzetting van slib in het infiltratiepand en dit moet het onderhoud aan het infiltratiepand tot een minimum herleiden.





Figuur 3. Ligging infiltratiepand, winputten en peilputten



## Productie infiltratiewater

Wegens de strenge kwaliteitseisen werd voor **membraanfiltratie** gekozen. Het is de enige geschikte techniek die tegelijkertijd zouten en nutriënten uit het water kan verwijderen. Daarbij wordt druk gebruikt om stoffen via semi-permeabele membranen uit het water te verwijderen. De benodigde druk is afhankelijk van de osmotische druk van het voedingswater (o.a. bepaald door temperatuur en zoutgehalte), en ook van de grootte van de poriën van het membraan. In dalende orde van poriëngrootte onderscheiden we microfiltratie (MF), ultrafiltratie (UF), nanofiltratie (NF) en omgekeerde osmose (RO).

Bij membraanfiltratie wordt de voedingsstroom gescheiden in filtraat, het nuttige water, en concentraat, dat moet afgevoerd worden.

Uitgaande van resultaten in de Verenigde Staten <sup>8</sup> werd voor MF gekozen met filtratie van buiten naar binnen ('out-to-in') als voorbehandeling van omgekeerde osmose. Een combinatie van beide systemen krijgt meer en meer ingang in de waterbehandeling.

Via de voorbehandeling met **microfiltratie** (MF) worden bacteriën en zwevende stoffen uit het water verwijderd terwijl **omgekeerde osmose** (RO) zorgt voor de aanvullende zoutverwijdering.

Tussen 1996 en 2000 heeft de IWVA verschillende proeven uitgevoerd. In het kader van deze publicatie gaan we niet dieper in op de resultaten maar beperken we ons tot een overzicht :

- Proeven met MF op het oppervlaktewater uit de Kromme Gracht te Avekapelle <sup>9,10</sup>;
- Proeven met MF en RO op het rioolwatereffluent van het RWZI te Wulpen <sup>11,12,13</sup>;
- Vergelijkende proeven met 3 MF systemen op het rioolwatereffluent van het RWZI te Wulpen <sup>14</sup>;
- Proeven met MF en RO op het oeverfiltraat ter hoogte van de Kromme Gracht te Avekapelle <sup>13</sup>.

Naast de technische aspecten, werd ook grote aandacht besteed aan de kwaliteit van het geproduceerde infiltratiewater <sup>15</sup>. Als besluit van deze proeven was het duidelijk dat dergelijk proces technisch en economisch haalbaar was; daarom werd in 2000 een openbare aanbesteding uitgeschreven.

De behandelingsinstallatie werd op de terreinen van het RWZI Wulpen gebouwd door de NV Depret uit Zeebrugge. Er is een buffercapaciteit voorzien voor effluent omdat er gedurende 6 tot 8 uur per dag onvoldoende beschikbaar is.

De technische installaties voor de productie van infiltratiewater werden aanbesteed aan de Tijdelijke Vereniging SEGHERSbetter Technology for Water NV en ZENON bv, de leverancier van ondergedompelde ZeeWeed membranen. Deze aannemers zijn gedurende 10 jaar verantwoordelijk voor het onderhoud van de installaties.

De microfiltratie bestaat uit 5 eenheden, die elk 8 cassettes bevatten. De totale membraanoppervlakte bedraagt 12.250 m<sup>2</sup>; de productiecapaciteit bedraagt ca 450 m<sup>3</sup>/h.

Het deel RO bestaat uit twee eenheden van elk 36 drukbuizen. Iedere drukbuis (8 inch) heeft een lengte van 6 m; er kunnen 6 membranen in.

Gemiddeld zou 285 m<sup>3</sup>/uur infiltratiewater geproduceerd kunnen worden. De productie zal iets groter zijn in de zomer vergeleken met de winter. De osmotische druk neemt namelijk af naarmate de temperatuur stijgt, wat betekent dat bij eenzelfde druk meer water kan worden gewonnen.

Vooraleer het infiltratiewater naar de duinen wordt gepompt, zal het nog een UV ontsmetting ondergaan. De installatie wordt operationeel in mei of juni van dit jaar.

### **Waterwinning in de Avekapellekreek**

In het kader van een ruilverkaveling heeft de IWVA in 1998-1999 de nodige gronden verworven in Avekapelle, zodat ook daar in de toekomst een project kan uitgebouwd worden. De Avekapellekreek is een zandige kreekkrug – de doorlatende sedimenten zijn 12 tot 30 m dik – die bovenaan gevuld is met zoet grondwater en onderaan met zout grondwater <sup>16</sup>. Het polderwater dat afgevoerd wordt door de Kromme Gracht en de Oude A-vaart kan ter hoogte van de Avekapellekreek teruggewonnen via een dubbele puttenserie langs beide zijden van een innamekanaal. De ene puttenserie, met filterelementen in het bovenste deel van de watervoerende laag, zal infiltrerend oppervlaktewater en zoet grondwater oppompen. De andere puttenserie, met filterelementen in het onderste deel van de watervoerende laag, zal het onderaan aanwezige zout grondwater oppompen. Dit voorkomt aantrekking van zout water naar de bovenliggende pompput <sup>7,17</sup>. Deze manier van winning heeft vele voordelen :

- de kwaliteitsverschillen van het oppervlaktewater worden afgevlakt door spreiding van de afstand tussen de puttenseries en het innamekanaal en het oeverfiltraat is bij voldoende afstand tot het innamekanaal bacterievrij;
- door denitrificatie is de nitraatbelasting van het opgepompte zoet water miniem;
- de gehele watervoerende laag zal verzoeten.

De voorafgaandelijk voorbehandeling via bodempassage levert grote voordelen op voor MF/RO, zoals proefondervindelijk werd vastgesteld <sup>10,13</sup>. In de toekomst kan hier dan ook een tweede project worden uitgebouwd, waarbij mits bijkomende aanvoer bv. van effluent, het ganse jaar door drinkwater kan geproduceerd worden.

Het Avekapelleproject werd in het kader van het doelstelling 5b-programma Westkust-Middenkust-Zeevisserijgebied gesteund door de Europese Gemeenschap (Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling).

### **Duurzame waterwinning in de duinen van de oostkust**

#### Project

Het GWKH had eerst de intentie om drinkwater te produceren uitgaande van oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal <sup>18</sup>. Aansluitend werd ook het idee opgevat om oeverfiltraat te winnen in de omgeving van de Put De Cloedt <sup>2</sup> en om diep grondwater op te pompen.

Ook hier is veel onderzoek verricht :

- Pompproef in de omgeving van de Put De Cloedt <sup>19</sup> en op de diepe watervoerende laag van het Ledo-Paniseliaan <sup>20</sup>;
- Proeven met MF op het oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal <sup>10</sup>;
- Proeven met MF en RO op het rioolwatereffluent van het RWZI te Heist <sup>13</sup>;
- Ecologische studie van de omgeving van Put De Cloedt <sup>21</sup>.

Het uiteindelijke project is een combinatie van de behandeling van oppervlaktewater en de productie van oeverfiltraat (tabel 3) :

- via MF/RO zal oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal worden behandeld;
- het RO-filtraat zal gemengd worden met oeverfiltraat opgepompt vlak naast de Put De Cloedt.

Op die manier wordt water verkregen dat aan de drinkwaternormen voldoet. Gedurende de zomer zou ook nog eens diep grondwater uit het Ledo-Paniseliaan opgepompt worden. Deze winning heeft geen effect op de watertafel. Op deze manier kan de grondwateronttrekking in de duinen onder de 'Golf' van de huidige 800.000 m<sup>3</sup>/jaar gereduceerd worden tot 600.000 m<sup>3</sup>/jaar.

Tabel 3. Drinkwaterproductie zoals dat er in de toekomst bij het GWKH zal uitzien

	<i>Maximale productie</i>	<i>Verandering t.o.v. huidige toestand</i>
Natuurlijk freatisch grondwater ('Golf')	600.000 m <sup>3</sup> /jaar	- 25 %
Oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal	2.500.000 m <sup>3</sup> /jaar	
Oeverfiltraat	500.000 m <sup>3</sup> /jaar	
Diep grondwater (Ledo-Paniseliaan)	100.000 m <sup>3</sup> /jaar	+ 362,5 %
<b>TOTAAL</b>	<b>3.700.000 m<sup>3</sup>/jaar</b>	

### Wat betekent duurzame waterwinning in de Vlaamse duinen ?

Zoals eerder aangehaald is de Vlaamse duinengordel relatief smal, en bevindt het zout water zich in de onmiddellijke omgeving. De zoetwaterzak onder de duinen heeft zich gevormd door infiltrerend zoet neerslagwater dat geleidelijk het initieel aanwezige zout water heeft verdrongen. Zolang er een afstroming is van zoet water vanuit de duinen in de richting van de zee en de polders is de kwaliteit van het duinwater beschermd. De lagere grondwaterstanden in de duinen, en dit kan zowel het gevolg zijn van waterwinning als van andere menselijke ingrepen, kunnen dit evenwicht verstoren. Indien de natuurlijke grondwaterstroming wordt omgekeerd zal het grondwater onder de duinengordel geleidelijk zouter worden.

Zowel de IWVA als het GWKH proberen met hun projecten te bekomen dat er steeds een grondwaterstroming blijft vanuit de duinen naar de aangrenzende gebieden toe. Vandaar dat we vanuit hydrogeologisch standpunt gezien kunnen spreken over **duurzame waterwinning**. Maar het betekent ook dat er continu controle moet zijn op de grondwaterstanden en op de kwaliteit van het grondwater. De grondwaterstanden evolueren immers volgens het seizoen en in functie van het neerslagoverschot op langere termijn. Daarom behelst duurzame waterwinning ook dat er kennis moet zijn van de waterwinningen en hun omgeving en dat vereist ook een continue en deskundige opvolging.

## Besluit

De I.W.V.A. en het GWKH, die samen met een kleinere winning van de VMW, drinkwater produceren uit duinwater, beseffen dat om de waterwinningen op langere termijn te kunnen behouden duurzame waterwinning nodig is. Duurzame waterwinning in de duinen betekent dat er steeds een grondwaterstroming is vanuit de duinen naar de polders en de zee. Vandaar dat beide maatschappijen kiezen voor een verminderde natuurlijke grondwateronttrekking.

De IWVA zal daarvoor kunstmatig water aanvullen in haar waterwinning Sint-André; dit gebeurt door productie van infiltratiewater met membraantechnieken. De bron voor deze productie is rioolwatereffluent van het RWZI Wulpen.

Het GWKH zal de verminderde productie uit de duinen opvangen door behandeling van oppervlaktewater. Daarvoor zullen dezelfde technieken gebruikt worden als bij de IWVA. Dit water zal gemengd worden met oeverfiltraat uit de omgeving van de Put De Cloedt.

Het gebruik van membraanfiltratie garandeert een constant goede kwaliteit van het infiltratiewater. Om de natuurwaarden van de duinen maximaal te beschermen worden strenge normen opgelegd aan de kwaliteit van infiltratiewater.

Samen met natuurtechnische maatregelen, vastgelegd in een beheersplan, zal het IWVA project bijdragen tot verhoogde natuurwaarden in de omgeving van de bestaande waterwinningen. De verminderde grondwateronttrekking in de 'Golf' te Knokke zal ook hier leiden tot verhoogde grondwaterstanden.

Beide projecten kunnen bewijzen dat natuur, recreatie en waterwinning wel degelijk kunnen samengaan. Via drinkwaterproductie in de duinen komen immers fondsen vrij die kunnen aangewend worden voor een actief beheer van de duinen of voor het uitbouwen van recreatieve infrastructuur. Het is hier ook interessant te vermelden dat de IWVA bij de realisatie van recreatieve infrastructuur de laatste jaren verscheidene keren steun heeft ontvangen van de Provincie West-Vlaanderen (via WVT, nu geïntegreerd in WESTTOER)

## Referenties

- <sup>1</sup> Van Houtte, E., Lebbe L. en De Breuck W., 1992. *Studie van de huidige en toekomstige waterwinningsmogelijkheden in de Westhoek*. Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, Universiteit Gent (TGO 91007b), 368 p.



- <sup>2</sup> Van Houtte, E., 1995. *Hydrogeologische verkenning van de omgeving van 'Put van De Cloedt' te Knokke-Heist*.
- <sup>3</sup> Vermoortel, Y., Mahauden, M. en De Breuck, W., 1995. *Hydrogeologische studie van de waterwinningsmogelijkheden in de gemeente Knokke-Heist - deel 1 : inventarisatie*, Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, Universiteit Gent (TGO 94/37).
- <sup>4</sup> I.W.V.A., 1994. *Beheersplan Doornpanne*. 38 p + bijlagen.
- <sup>5</sup> Provoost, S., Kuijken, E. en Leten, M., 1993. *Inrichtings- en beheersvoorstellen voor de Doornpanne*, Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, A93.114, 57 p.
- <sup>6</sup> Kuijken, E., Provoost, S. en Leten, M., 1993. *Oppervlakte-infiltratie in de Doornpanne*. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, 93.69, 86 p.
- <sup>7</sup> Lebbe, L., Tarhouni J., Van Houtte E. en De Breuck W., 1995. *Results of an artificial recharge test and a double pumping test as preliminary studies for optimizing water supply in the Western Belgian coastal plain*. Hydrogeology Journal, vol. 3, nr 3, p 53-63.
- <sup>8</sup> Leslie, G.L., W.R. Dunivin, P. Gabillet, S.R. Conklin, W.R. Mills, en R.G. Sudak, 1996. *Pilot testing of microfiltration and ultrafiltration upstream of reverse osmosis during reclamation of municipal wastewater*, Proceedings of the American Desalting Associations Biennial Conference, Monterey, California, August 1996, pp. 29-40.
- <sup>9</sup> Van Houtte, E and F. Vanlerberghe, 1998. *Using membrane filtration techniques for the production of infiltration water in the western part of the Flemish coastal plain*. Proceedings 15th Salt Water Intrusion Meeting, Ghent 1998.
- <sup>10</sup> Van Houtte, E., J. Verbauwheide, F. Vanlerberghe, S. Demunter and J. Cabooter, 1998. *Treating different types of raw water with micro- and ultrafiltration for further desalination using reverse osmosis*. Proceedings 'Membranes in drinking and industrial water production' Amsterdam, The Netherlands, Desalination Volume 117, Vol. 1, p 49-60.
- <sup>11</sup> Van Houtte, E., J. Verbauwheide, F. Vanlerberghe, F. de Bruijn and M. Beumer, 1998. *Completing the Water Cycle : Reuse of WWTP Effluent for Drinking Water Purpose*, Koksijde, Belgium. AWWA Water Reuse Conference Proceedings, Orlando, USA, p 321-335.
- <sup>12</sup> Van Houtte, E., 1999. *Re-use of biologically treated wastewater effluent for artificial recharge in the Flemish dunes*. 'Water recycling and effluent re-use' conference, Copthorne Effingham Park, 1999.
- <sup>13</sup> Van Houtte, E. and F. Vanlerberghe, 2001. *Preventing biofouling on RO membranes for water reuse - Results of different tests*. AWWA Membrane Technology Conference, San Antonio, 2001.
- <sup>14</sup> Van Houtte, E., J. Verbauwheide, F. Vanlerberghe and J. Cabooter, 2000. *Comparison between different out-to-in filtration MF/UF membranes*, International Conference on 'Membrane Technology in Water and Wastewater treatment', Lancaster 2000, p 190 –197.
- <sup>15</sup> Dewettinck, T., Van Houtte, E., Geenens, D., Van Hege, K. en Verstraete, W., 2000. *HACCP to guarantee microbial safe water reuse and drinking water production - A case-study*. Proceedings Health-Related Water Microbiology Symposium, 1st World Water Congress of the International Water Association. Parijs 3-7/07/00.
- <sup>16</sup> Zeuwts, L., 1991. *Hydrogeologie en hydrochemie van de IJzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekapelle-Pervijze (Westelijke kustvlakte)*. Geologisch Instituut, Universiteit Gent, Doctoraatsverhandeling, 389 p.
- <sup>17</sup> Lebbe, L., Van Houtte E., Vanlerberghe F. en De Breuck W., 1996. *Quality evolution of the fresh and salt groundwater pumped near a drainage canal in the Western Flemish coastal plain*. Proceedings of 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, Sweden, p 157-167.
- <sup>18</sup> Cabooter, J., 1993. *Tienjarenplan waterbedrijf . Fase 2 : verhoging waterproductie en –aanvoer*.
- <sup>19</sup> Vermoortel, Y., Gaus, I., De Smet, D. en De Breuck, W., 1998. *Hydrogeologische studie van de waterwinningsmogelijkheden in de gemeente Knokke-Heist - deel 2 : karakterisering + hydrogeologische karakterisatie van de omgeving van Put De Cloedt*, LTGH.
- <sup>20</sup> Vermoortel, Y., Lebbe, L., Mahauden, M. en De Breuck, W., 1997. *Studie van de grondwaterwinningsmogelijkheden uit de Ledo-Paniseliaan watervoerende laag in de gemeente Knokke-Heist*, LTGH dossier nr TGO 94/37.
- <sup>21</sup> Martens, L., Provoost, S., en Kuijken, E., 1998. *Waterwinningsmogelijkheden in de gemeente Knokke-Heist - verkennend onderzoek naar de ecologische gevolgen*, Instituut voor Natuurbehoud.



## **3D-SIMULERING VAN DE EFFECTEN VAN EEN ZEESPIEGELSTIJGING OP DE VERDELING VAN ZOET EN ZOUT WATER ROND DE HAAN.**

Nathalie Van Meir & Luc Lebbe

Dr. Nathalie Van Meir. Huidig werkzaam bij de Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH) Ingenieurgeologie. Email: [vanmeir@erdw.ethz.ch](mailto:vanmeir@erdw.ethz.ch)

Prof. Dr. Luc Lebbe. Universiteit Gent, Geologisch Instituut, Krijgslaan, 281 (S8) B-9000 Gent

---

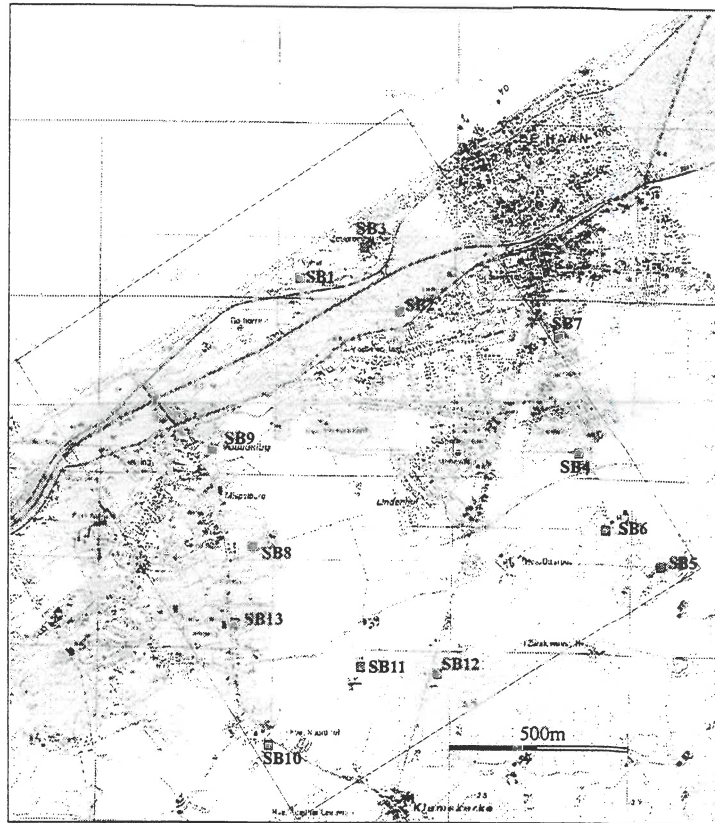
### **Inleiding**

Een 3D dichtheidsafhankelijke grondwaterstromingsmodellering van een zeespiegelstijging wordt voorgesteld. In deze simulatie is veel aandacht besteed aan de geologische context, dwz aan een realistische invoer van de complexiteit van de Quartair watervoerende laag. Om tot deze invoerparameters te komen is een grondige studie van het gebied uitgevoerd met nieuwe boringen, geofysische boorgatmetingen en een inverse modellering van een pomp-upconing test. Deze laatste proef bestaat uit het naar omhoog pompen van de overgangszone tussen zoet en zout water. Door tegelijkertijd de verandering in verlaging en concentratie te meten kan men door een niet-lineaire regressie parameterwaarden aan de belangrijkste hydrogeologische eenheden toekennen. Deze parameterwaarden zijn dan gebruikt in een eerste 3D-simulatie om tot de huidige verdeling van zoet en zout water te komen en vervolgens in een simulatie om het effect van een zeespiegelverandering op deze verdeling te begrijpen.

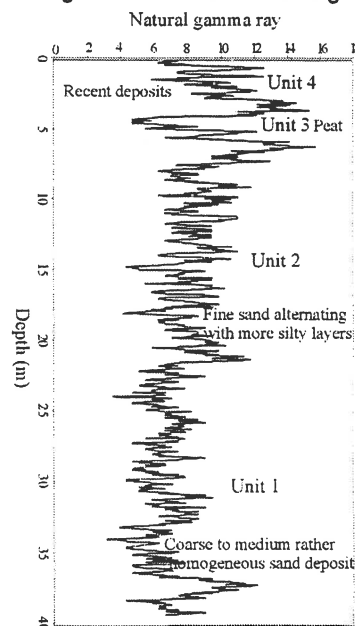
### **Geologische karakteristieken van het studiegebied**

Het gemodelleerde gebied is zo'n 8 km<sup>2</sup> groot en omvat de belangrijkste morfologische eenheden aanwezig in het Belgische kustgebied: een zacht hellend strand, duinen met een gemiddelde hoogte, oude duinen met begroeiing, kreken en laag gelegen poelgronden met voornamelijk kleiig materiaal. Dertien nieuwe boringen zijn zo geplaatst dat ze een 3D overzicht van het Quartair reservoir toelaten; twee doorsneden zijn gemaakt loodrecht op de kustlijn, een derde is evenwijdig met de kustlijn (Figuur 1). De boorbeschrijvingen in combinatie met de natuurlijke gamma logs laten een onderverdeling in 4 Hydrogeologische Eenheden toe. Een Hydrogeologische Eenheid is een verzameling van sedimenten met vergelijkbare hydrogeologische karakteristieken, zoals bv. horizontale en verticale doorlatendheid, anisotropie, porositeit enz. De grenzen van een Hydrogeologische Eenheid moeten bijgevolg niet overeenstemmen met een chronologische grens. De eerste Eenheid is gelegen bovenop het Tertiair substraat en bestaat uit grof tot medium redelijk homogeen zand. Dit wordt gekenmerkt door een laag natuurlijk gamma signaal; deze laag is met de natuurlijke gamma logs vervolgbaar over het hele studiegebied. De tweede Eenheid bestaat uit een afwisseling van siltige en fijnzandige lagen en wordt in het algemeen gekenmerkt door een hogere natuurlijk gamma. De derde Eenheid is het Subboreale Veen en is ook vervolgbaar in het landwaarts gelegen gedeelte van het studiegebied, nabij de duinen is er minder bewijs voor deze veenlaag, dit geeft typisch een zeer lage natuurlijke gamma (Figuur 2). De laatste eenheid, Eenheid 4 omvat de recente afzettingen en de samenstelling van deze eenheid hangt af van de morfologie; nabij de duinen bestaat deze eenheid uit zand, terwijl het in de polders zowel

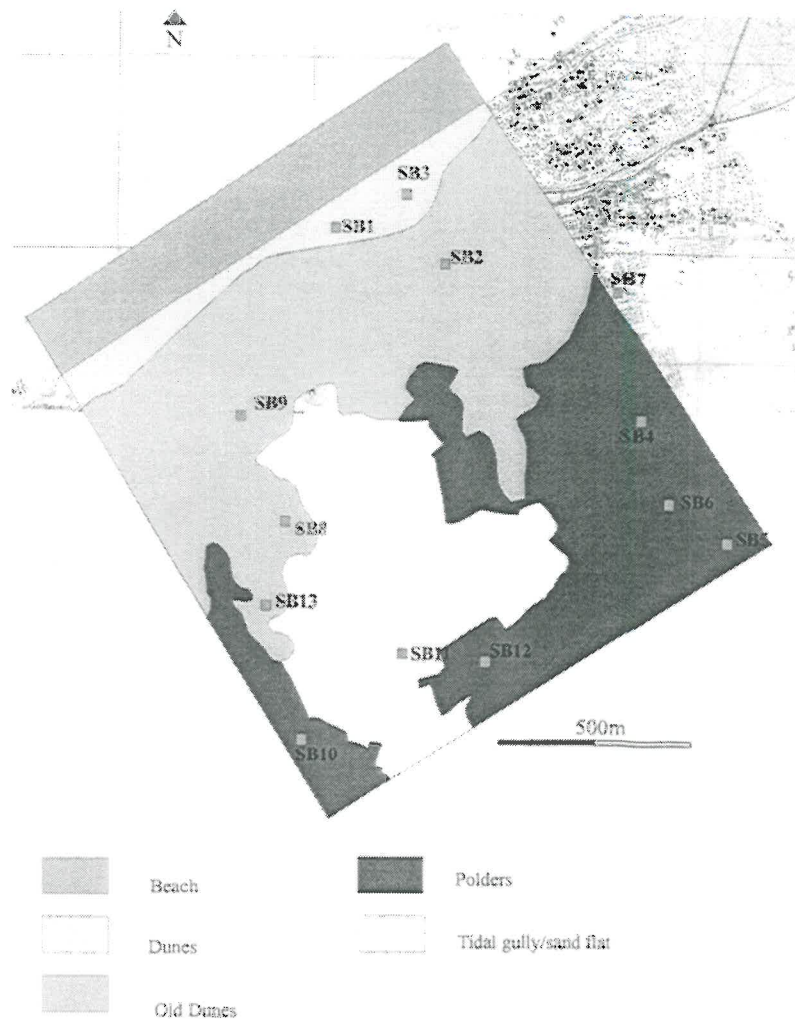
kleilig als zandig kan zijn. De morfolgie speelt een zeer belangrijke rol in de hydrogeologie en de afbakening van deze gebieden is dan ook belangrijk (Figuur 3).



Figuur 1. Aanduiding van de verschillende boringen en situatie in het Belgisch kustgebied



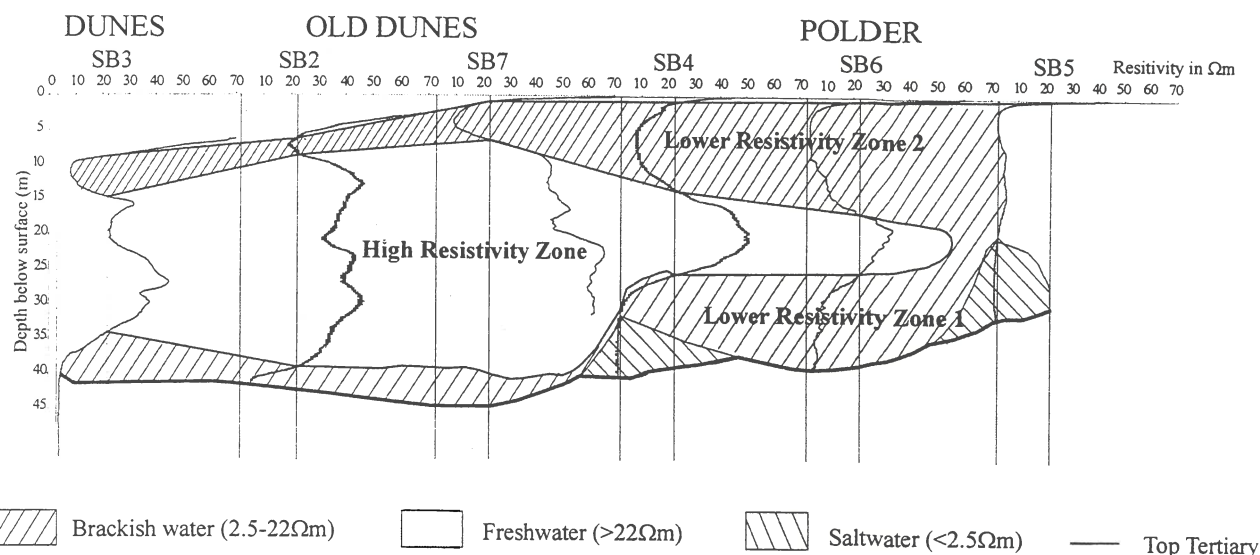
Figuur 2. De onderverdeling van de watervoerende laag in 4 Hydrogeologische Eenheden.



Figuur 3. De verschillende morfologieën in het studiegebied

Een andere hydrogeologische karakterisatie bestaat uit het definiëren van zones met zoet en zones met zout water. Deze interpolatie is gedaan aan de hand van Lang Normale (LN) resistiviteitsmetingen. Een hoge resistiviteit wijst op zoet water, een lage op zout water in een zandige afzetting. In een kleiige of siltige afzettingen zal de afzetting zelf de resistiviteit gedeeltelijk verlagen. De algemene hypothese over het ontstaan van de huidige verdeling van zoet en zout water begint bij de ontwikkeling van de recente duinen zo'n 1000 jaar geleden. Vóór deze periode wordt er vanuit gegaan dat alle Quartaire sedimenten met zout water verzadigd zijn, op het moment dat de duinen zich ontwikkelen, fungeren ze als infiltratiegebied en begint de verzoeting van het Quartair grondwaterreservoir. Zoet water stroomt van de duinen die de waterscheidingskam vormen naar zee en landwaarts, op deze manier ontstaat er een zoetwaterlens onder de duinen en een zoetwatertong die zich landwaarts uitstrekt. Deze hypothese kunnen we inderdaad terug zien in het LN resistiviteitsprofiel (Figuur 3). Hierin zien we een hoge resistiviteitszone die zich uitstrekt onder de duinen, de zoetwaterlens, een overgang naar een hoge resistiviteitszone diep in het Quartair, dit is de overgangszone van zoet naar zout water, deze overgangszone komt naar boven naarmate we meer

landwaarts gaan of anders gezegd de zoetwatertong strekt zich landwaarts uit, maar versmalt om uiteindelijk op 2300 m (voorbij SB6) te verdwijnen. De lage resistiviteitszone die we onder de duinen op kleine diepte zien is een gevolg van het hogere siltgehalte in de afzettingen en is geen gevolg van de aanwezigheid van zout water, aangezien het hier een infiltratiegebied betreft. Meer landwaarts is de tweede resistiviteitszone gedeeltelijk door een hoger silt of kleigehalte veroorzaakt maar ook door nog resterend zout water.



Figuur 4. De Lang Normale respons in één doorsnede loodrecht op de kust, de verdeling in zoet, zout en brak water.

### Het model MOCDENS3D

Het gebruikte model is een driedimensionaal, eindig-verschil, dichtheidsafhankelijk opgeloste stoffen transport model (Oude Essink 1998). De belangrijkste karakteristieken zijn dat het blok-gecentreerd is, dat het een numerieke oplossingstechniek gebruikt voor het oplossen van de grondwaterstromingsvergelijking afkomstig uit het model Modflow; dat het de advectie-dispersie vergelijking in twee delen oplost waardoor numerieke dispersie verminderd wordt, zo wordt advectie met een deeltjes-vervolg methode opgelost (particle tracking) en wordt het dispersie gedeelte door een eindig-verschil methode opgelost. De modelstructuur is gelijkend op de Modflow structuur met pakketten die men kan toevoegen naargelang het gestelde probleem; omdat het niet massa-conservatief is, maakt het model gebruik van drie verschillende stabiliteitscriteria en is het belangrijk een uniforme grid te gebruiken om volumeveranderingen van cel naar cel te vermijden.

Bij een eindig-verschil model moet het gesimuleerde gebied onderveeld worden in een aantal rijen, kolommen en lagen. Van noord naar zuid is het model 3000 m lang en wordt het onderverdeeld in 60 rijen, van west naar oost is het modelgebied 2600 m lang en wordt het onderverdeeld in 52 kolommen. Over het algemeen is het Quartaire reservoir ongeveer 40 m dik en dit wordt onderverdeeld in 20 lagen van 2 m. Eén cel is bijgevolg 50 m lang, 50 m breed en 2 m dik, een volume 5000 m<sup>3</sup>.



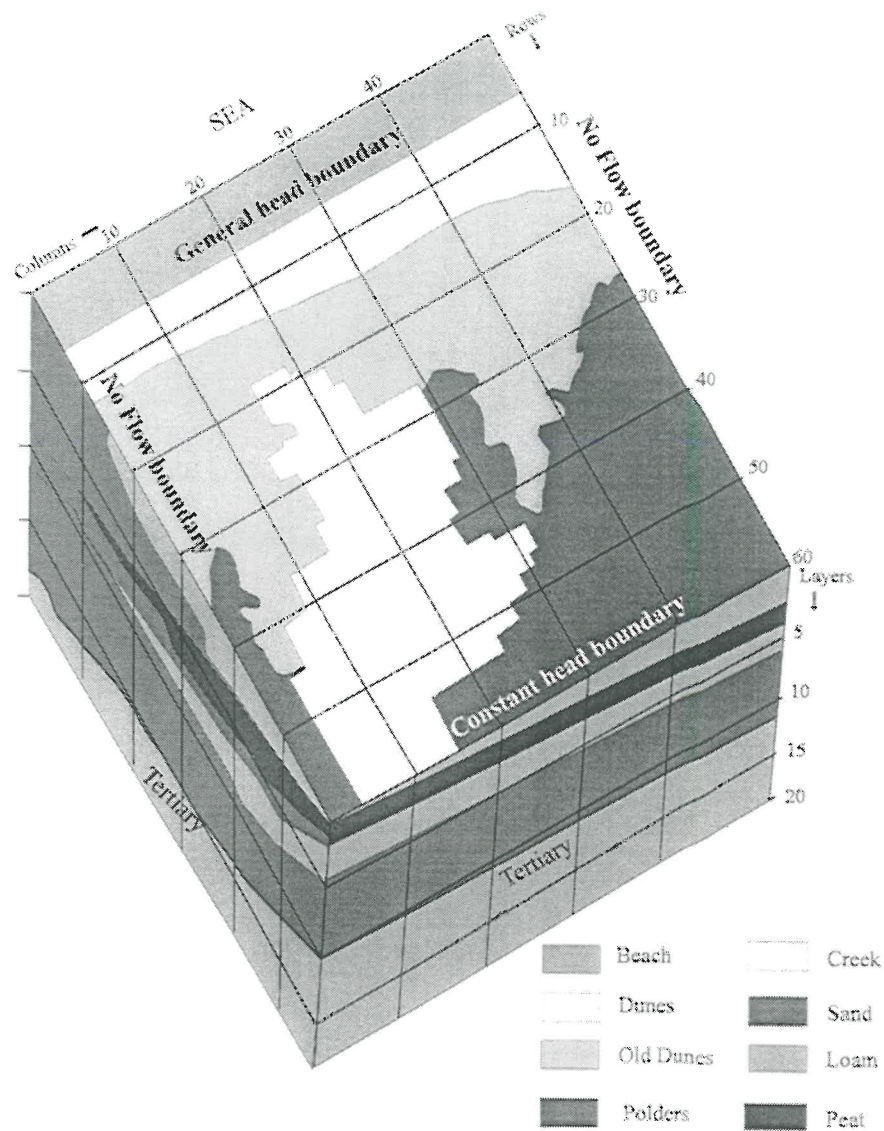
Aan elke cel moeten geologische parameterwaarden worden toegekend, maar in het algemeen heeft het model ook een aantal modelparameterwaarden nodig. Deze modelparameters zijn getest op hun gevoeligheid en volgende waarden zijn aangenomen: in elke cel worden 8 deeltjes geplaatst; gedurende 1 tijdstap kan een deeltje 90% van de dimensie van de cel afleggen, in dit geval 45m van een lengte van 50 m; en het sluitingscriterium ligt op  $5 \cdot 10^{-6}$ m, dit wil zeggen dat het verschil in stijghoogte tussen twee opeenvolgende iteraties kleiner moet zijn dan 0.5 mm voor er een oplossing wordt neergeschreven. Een tijdstap is een onderdeel van een stressperiode. Tijdens een stressperiode veranderen er geen randvoorwaarden, na elke tijdstap wordt het snelheidsveld opnieuw berekend aan de hand van de nieuwe concentratieverdeling die is ontstaan door de verplaatsing van concentratiedeeltjes. Wanneer één van de drie stabiliteitscriteria overschreden wordt, deelt het programma de tijdstap nog verder op in een aantal deeltjesverplaatsingen. Wanneer alle tijdstappen van een stressperiode zijn berekend, kunnen de randvoorwaarden opnieuw veranderen.

Uiteraard heeft het model ook nood aan grensvoorwaarden. In dit geval worden de oost- en westgrens evenals de benedengrens van het model als ondoorlatend beschouwd. Dit is mogelijk doordat de grondwaterstroming hoofdzakelijk in een noord-zuid richting stroomt vanaf de waterscheidingskam in de duinen naar zee en naar de polders. De ondergrens wordt gevormd door het Tertiair substraat dat uit een zware klei bestaat, ten opzichte van de bovenliggende Quartaire afzettingen kan dit bijgevolg als ondoorlatend beschouwd worden. De noordgrens of de kustlijn is een algemene stijghoogte grens, dit wil zeggen dat vanaf rij 7 tot rij 1 er een grens wordt gehouden van 4.2 mTAW tot 2.36 mTAW. Een algemene stijghoogte grens laat infiltratie toe naar de cel wanneer de omliggende cellen een hogere stijghoogte hebben en drainage wanneer de omliggende cellen een lagere stijghoogte hebben. Op de zuidrand is er een constante stijghoogte grens die gebaseerd is op waarnemingen in de geboorde piezometers en op topografische veranderingen. Aangezien het een "steady state" simulatie betreft en aangezien het drainageniveau in de polders hetzelfde blijft, is dit een aanvaardbare grensvoorwaarde.

### **Simulatie van huidige toestand**

MOCDENS3D eist een uniform grid, maar in realiteit zijn de afzettingen niet zo uniform verdeeld, daarom is er een methode bedacht om de variatie van het Quartair in te brengen in het model, maar het grid uniform te laten. In een eerste stap wordt de geologische informatie uit de boorbeschrijvingen met elkaar gecorreleerd en worden kaarten van dikte voor de verschillende eenheden gemaakt. De interpolatie voor dikte is eerst manueel en dan met Surfer software uitgevoerd. In een tweede stap worden parameterwaarden aan de verschillende Hydrogeologische eenheden toegekend. Deze parameterwaarden zijn afkomstig van een pomp-upconingsproef en staan samengevat in Tabel 1. Vervolgens is een Fortran programma geschreven dat het uniforme grid van MOCDENS3D over de geologische werkelijkheid plaatst (Figuur 5). Het programma berekent de gemiddelde horizontale doorlatendheid en de gemiddelde hydraulische weerstand van elke cel. Deze waarden worden dan vermenigvuldigd met de dikte van elke cel (2 m), dit is de transmissiviteit (uitgedrukt in  $m^2/dag$ ) en gedeeld door de dikte van elke cel, dit geeft de verticale geleidbaarheid (uitgedrukt in  $1/dag$ ); deze twee parameters zijn nodig voor MOCDENS3D.

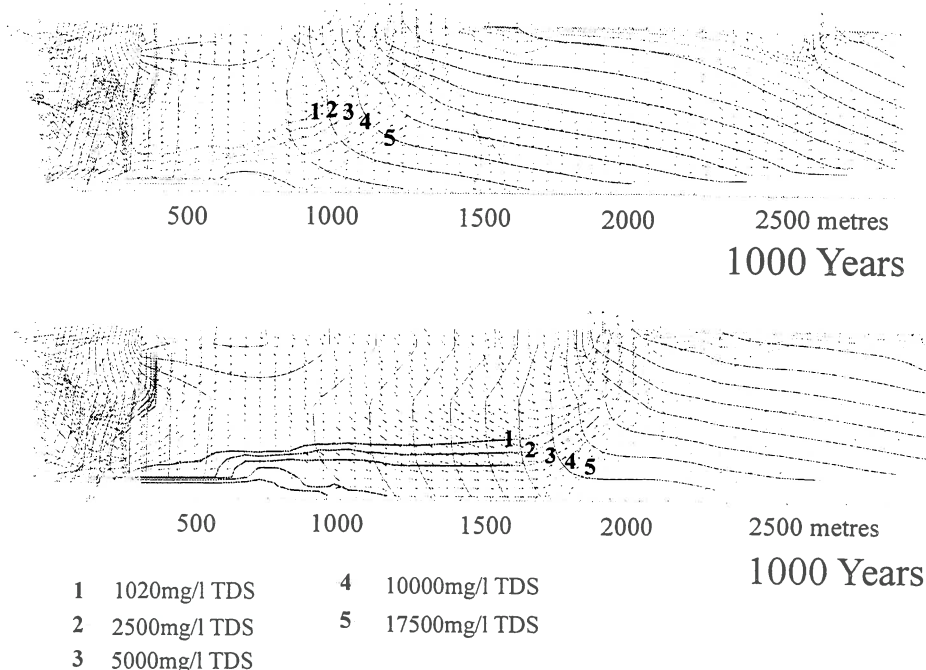




Figuur 5. Het eindig-verschil model met de invoergegevens voor MOCDENS3D, de geologie zoals ze staat weergegeven op de figuur is ook de werkelijke invoer voor het model.

De simulatie om de huidige verdeling van zoet en zout water te berekenen begint bij een model gevuld met zout water, dwz een TDS gehalte van 25000 mg/l. Er is een infiltratie van 280mm/jaar zoet water in het duingebied en 60% van 280 mm/jaar in het oude duingebied, omdat deze begroeing hebben. Na een simulatie van 1000 jaar is de huidige situatie bereikt. De belangrijkste karakteristieken die we in de waarnemingen zien (Figuur 3), worden ook weerspiegeld in de modelresultaten (Figuur 6). Deze figuur geeft twee doorsneden loodrecht op de kustlijn, 3000 m landwaarts van de kustlijn. De pijlen geven de stromingsrichting aan en de grootte van de pijlen is evenredig met de grondwatersnelheid. De volle lijnen geven de isoconcentratielijnen weer. Zo zien we opnieuw de zoetwatertong die

landwaarts gaat en de zoetwaterlens onder de duinen die bijna het Tertiair substraat bereikt, er is de redelijk smalle overgangszone die we ook in waarnemingen zagen en de afhankelijkheid voor de zoet-zout waterverdeling van de morfologie is ook zichtbaar, wanneer men twee uiterste situaties vergelijkt zoals in figuur 6. Kolom 20 is een doorsnede door een zone waar er geen oude duinen zijn en er een rechtstreeks overgang is van de duinen naar een kreekgebied dat gedraineerd wordt op 2.9 mTAW, kolom 40 aan de oostzijde van het modelgebied heeft dan weer een groot oppervlak met duin en oude duinen en bijgevolg een groot infiltratiegebied en een langzamere overgang van stijghoogtes in de oude duinen naar poldergebied met een drainagehoogte van 2.5 mTAW. Op figuur 6 kan verder ook waargenomen worden dat de zoetwatertong zich landwaarts uitstrekt in Eenheid 1, de meest doorlatende laag. Het wordt ook duidelijk waarom er in de polders nog steeds zout water aanwezig is, ondanks zoet water infiltratie. Het zoete water dat van de duinen landwaarts stroomt verdwijnt door drainage aan de grens tussen oude duinen en polders of kreek/zandwad. Uit deze bevindingen kan men bijgevolg besluiten dat het mogelijk is gebleken de complexiteit van het Quartair voldoende in te brengen en tegelijkertijd realistische parameterwaarden in te geven.



Figuur 6. Modelresultaat voor de eerste simulatie, voor kolom 20 (boven) en kolom 40 (onder) loodrecht op de kustlijn. Voor de positie van de verschillende kolommen zie figuur 5.

Tabel 1. Parameter waarden voor de modellering

Parameter	Parameter waarde
$K_h$ Unit1	10m/day
$K_v$ Unit1	6.7m/day
$K_h$ Unit2	4m/day
$K_v$ Unit2	0.04m/day

$K_h$ Unit3+4	Shore and dunes	Old dunes	Creek	Polder
	8m/day	6m/day	0.6m/day	0.06m/day
$K_v$ Unit3+4	Shore and dunes	Old dunes	Creek	Polder
	5.3m/day	4m/day	0.4m/day	0.04m/day
$\alpha_L$		0.5 m		
$\alpha_{TH} = \alpha_{TV}$		0.05 m		
$n_e$		0.45		

### Simulatie van de gemiddeld verwachte zeespiegelstijging

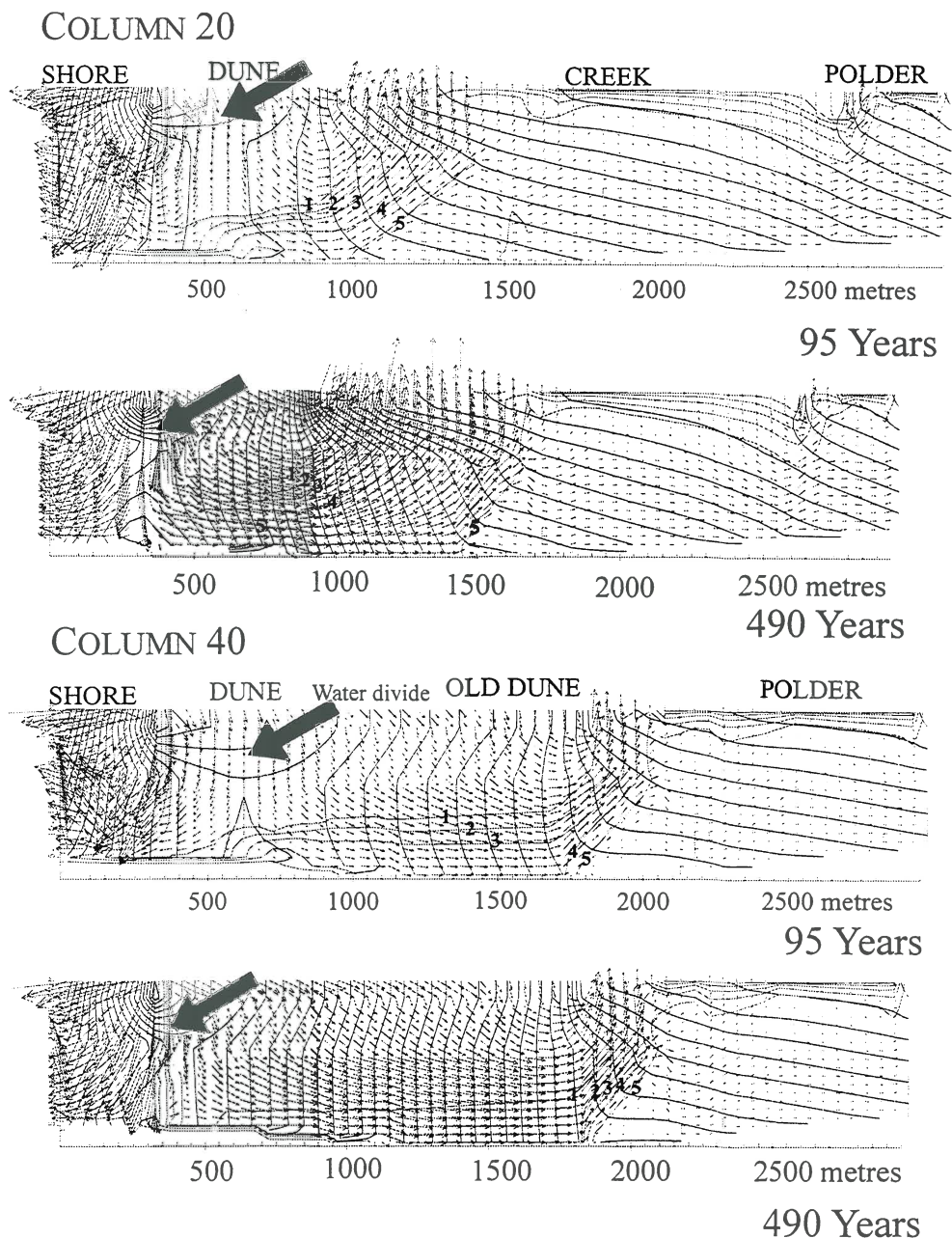
Oorspronkelijk zijn drie verschillende zeespiegelstijgingsscenarios gesimuleerd (Van Meir 2001); namelijk geen zeespiegelstijging, een gemiddelde zeespiegelstijging van 0.5m/eeuw en een maximum zeespiegelstijging van 0.9m/eeuw zoals voorgesteld in het rapport van het IPCC (2001), het International Panel on Climate Change. In dit kort artikel worden echter alleen maar de resultaten van een gemiddelde zeespiegel beschreven.

Om het effect van een zeespiegelstijging te simuleren wordt de randvoorwaarde aan de noordzijde stelselmatig veranderd. De algemene stijghoogtegrens wordt er in 9 stressperioden van telkens 25 jaar met 0.125 m verhoogd, wat gevolgd wordt door een stressperiode met evenwichtsituatie van 20 jaar en opnieuw 9 stressperioden van 25 jaar waarin de zeespiegel met 0.125 m toeneemt. Dit betekent dat er een totale tijd van 490 jaar is gesimuleerd met een totale zeespiegelstijging van 2.25 m. Het is een steady state simulatie wat wil zeggen dat er een aantal zaken zijn verondersteld. Zo is er geen verandering in de gemiddelde infiltratie in de komende 490 jaar, er is ook geen verandering in drainageniveau, er wordt verondersteld dat er geen landophoping plaatsvindt en er zijn geen grote morfologische veranderingen.

Het belangrijkste zichtbare resultaat is het opschuiven van de waterscheidingskam naar de kustlijn (Figuur 7). Het is een gevolg van de toenemende gradiënt tussen de kustlijn en de landwaartse grens waar drainageniveaus hetzelfde blijven. Bijgevolg krimpt de zoetwaterlens en volgt er een directe instroom van zout water naar het landwaartse gebied. Een ander resultaat is het effect van de morfologie op de snelheid waarmee de zoetwaterlens krimpt. Wanneer we opnieuw twee extreme situaties nemen (kolom 20 en kolom 40) dan is het duidelijk dat waar het duin-oude duingebied groot is, zoals in kolom 40 en zoals in de waargenomen doorsnede (Figuur 3), de zoetwaterlens veel langer weerstand biedt omdat het infiltratiegebied nu eenmaal groter is. In kolom 20 waar het duingebied zeer eng is en gevolgd wordt door een gedraineerde kreek krimpt de zoetwaterlens onmiddellijk en verdwijnt ze zeer snel. Men kan ook waarnemen dat de situatie voorbij de kwelzones haast niet verandert op de grotere grondwatersnelheid na. Deze grotere grondwatersnelheid heeft ook een grotere kwel tot gevolg en een grotere zoutlading. Kwel is de hoeveelheid water die opwaarts stroomt en gedraineerd wordt, uitgedrukt in m<sup>3</sup>/dag. In de 490 jaar die gesimuleerd is stijgt de kwel voor de poelgronden van 5700 m<sup>3</sup>/dag tot 8300 m<sup>3</sup>/dag. Deze laag-gelegen kleiige oppervlakken bedekken in het model zo ongeveer 1 km<sup>2</sup>. De grootste stijging in kwel is echter waarneembaar in het kreek/zandwad gebied met ongeveer dezelfde oppervlakte, hier stijgt het opwaartse debiet met 23800 m<sup>3</sup>/dag. Wanneer men dus het drainageniveau op 2.9 mTAW houdt in het kreek/zandwad gebied. Ook de zoutlading neemt toe, dit is het produkt



van de kwel met het TDS-gehalte van elke cel, Voor het gebied met de hoogste kwel neemt de zoutlading toe van 13000 ton/jaar naar 37000 ton/jaar. Dit betekent dat niet alleen meer water weggedraineerd wordt, maar dat dit water ook een hoger TDS gehalte heeft.



Figuur 7. Modelresultaten voor kolom 20 en kolom 40 in een simulatie met een zeespiegelstijging van 0.5m/eeuw, de concentratielijnen zijn dezelfde als in figuur 6.

## Besluit

Uit een 3D dichtheidsafhankelijke simulatie waarbij de geologie zo nauwkeurig mogelijk is ingevoerd, kan het volgende afgeleid worden:

- De invloed van morfologie en geologie hebben een belangrijke invloed op de juiste voorstelling van de verdeling van zoet en zout water en op de juiste weergave van het stromingsregime rond bv. de kreek.
- Bij een gemiddelde zeespiegelstijging van 0.5m/eeuw is het belangrijkste resultaat het opschuiven van de waterscheidingskam door de stijgende gradiënt tussen kustlijn en polders
- De weerstand van een zoetwaterlens onder de duinen tegen krimpen is nauw verbonden met de morfologie
- Tengevolge van de toenemende gradiënt verhoogt ook de grondwatersnelheid en bijgevolg de kwel en zoutlading. Opnieuw is het effect van kwel en zoutlading afhankelijk van de morfologie
- De meest landwaartse situatie verandert nauwelijks omdat dit voorbij de belangrijkste gradiëntovergang ligt.

## Referenties

- IPCC (2001). Summary for Policymakers. Climate Change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Report of Working Group II of the IPCC.
- Oude Essink, G., H., P. (1998). MOC3D adapted to simulate 3D density-dependent groundwater flow. Modflow'98 Conference, Golden, Colorado.
- Van Meir, N. (2001). Density-dependent groundwater flow: design of a parameter identification test and 3D-simulation of sea-level rise. Geological Institute. Ghent, Ghent University (Belgium): 319.



## **"CÔTE D'OPALE", EEN VOORBEELD VAN GEÏNTEGREERD KUSTZONEBEHEER**

Chr. De Meyer; W. Leroy, G. Bellue & B. Lahousse

ir. Chr. P. De Meyer, President CEO Haecon nv. (Harbour & Engineering Consultants). Deinsteenweg 110, B-9031 Drongen Tel. +32 9 216-6363; Fax: +32 9 227-6105. E-mail: [haecon@haecon.be](mailto:haecon@haecon.be); Web: [www.haecon.be](http://www.haecon.be)

W. Leroy, Espace Naturel Régional (ENR) – afdeling kust en mariene milieu

G. Bellue, Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, LNHE

B. Lahousse, Departementshoofd Geologie, Infrastructuur en Leefmilieu, Haecon nv.

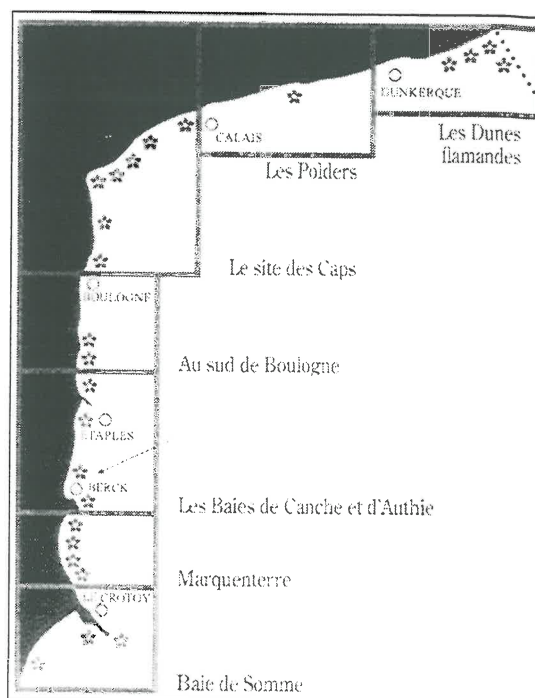
*Er wordt vaak gezegd dat de kustzone van Nord/Pas-de-Calais tot de snelst eroderende zones van Europa behoort, alhoewel deze tendens niet zo eenduidig is en ook niet tijd noch plaats gebonden. Dit heeft aanleiding gegeven tot het opstellen van een dynamisch/interactief management plan voor stranden, duinen en kliffen in de Nord-Pas-de-Calais met het oog op het beschikken over een territoriaal en sectorieel planningsinstrument.*

### **1. HET KADER**

#### **1.1 Ligging van het gebied**

De Opaalkust strekt zich uit over een afstand van 140 km vanaf de Belgische grens tot juist benoorden de monding van de Authie te Berck.

Ter situering van de zone kunnen we van zuid naar noord-oost enkele bekende namen vermelden: Le Touquet (Paris-Plage), de haven van Boulogne-sur-mer, Cap Gris-Nez, Cap Blanc-Nez, de haven van Calais en van Duinkerke.



## 1.2 Nationale context

Natuurlijke factoren, morfologische veranderingen in de kustzone en menselijke ingrepen ten behoeve van economische activiteiten zorgen ervoor dat bepaalde sectoren van de Opaalkust kwetsbaar zijn, wat bepaalde risico's inhoudt voor de gemeenschap.

Daardoor heeft het Syndicat Mixte de la Côte d'Opale (SMCO) beslist dat er een plan zou moeten uitgewerkt worden dat als basis gebruikt moet worden voor een duurzaam beheer van de Opaalkust.

Het SMCO wordt in deze taak ondersteund door de Franse staatsdiensten en externe experts.

De Franse staatsdiensten omvatten de Service Maritime du Nord (SMN), de Service Maritime des Ports de Boulogne et Calais (SMBC) en de Espace Naturel Régional (ENR) – afdeling kust en mariene milieu die ook als coördinatie orgaan in het SAIL programma fungeert.

Een samenwerking tussen ENR, HAECON (Harbour & Engineering Consultants), LNHE (Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement) en expert Ph. Clabaut heeft het mogelijk gemaakt om dergelijk plan te concipiëren en uit te werken binnen een termijn van twee jaar.

## 1.3 Europese context

Het opstellen en de eerste aanzet in de communicatie van het kustzonebeheersplan van de Côte d'Opale vindt plaats in het kader van SAIL (Schéma d'Aménagement Intégré du Littoral) ; dit schema is een transnationaal project omtrent geïntegreerd kustzonebeheer dat deels gefinancierd is door EFRO-middelen in het kader van Interreg IIC.

Enkele jaren geleden hadden AWZ in samenwerking met de Provincie West-Vlaanderen en de Syndicat Intercommunal du Littoral Est (SILE) een eerste aanzet gegeven aan een kustverdedigingsplan van de zone Duinkerke- De Panne in het kader van het Interreg IIB programma [ref.1].

Een proefprogramma werd ook in Frankrijk opgestart waar het gedrag van vijf kustsectoren van dichtbij gevolgd werd, nl.:

- de noordelijke oever van het estuarium van de Authie,
- de klif van de Noirda in Audreselles,
- de duin Aval in Wissant,
- de duin Fort-Mahon in Sangatte,
- Oye-Plage.

## 2. DE PROBLEMATIEK

### 2.1 De diversiteit van landschappen

Afwisselend natuurlijke en anthropogene landschappen :

- drie havens: Boulogne-sur-mer, Calais en Dunkerque
- drie estuaria : de Authie, de Canche en de Aa
- rotskliffen, waarbij de kliffen van de Cap d'Alprech, Wimereux, Cap gris Nez, Cap Blanc Nez
- zand-duinrepen
- bedijkte zeeweringen

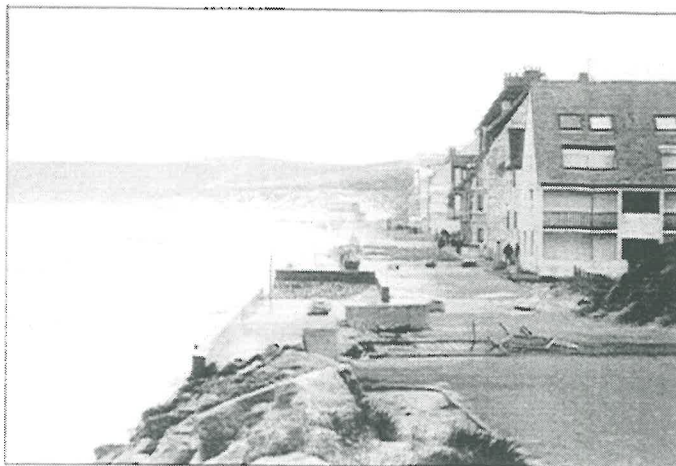
### 2.2 De belangen

Afwisselend:

- het toerisme
- de natuurgebieden
- de immobiliënsector
- de scheepvaart
- de zeevisserij
- de jacht

Ter illustratie, twee bekende sites:

- de baai van Wissant
- le site des deux Caps



### 2.3 De bevoegdheden

- de Staat
- de regio's
- de departementen
- de gemeenten

## **2.4 De wetgeving**

- le Plan Falaises
- le Plan Aménagement Zones Basses
- la loi Littoral

## **3. EEN ORIGINELE AANPAK**

### **3.1 Kwetsbaarheid en risico's**

Daar het concept van risico's in termen van retourperiode en voorkomenskans van fenomenen voor individuen niet altijd gemakkelijk te begrijpen is, is het zeer concreet concept van kwetsbaarheid ontwikkeld en aangewend.

Dit concept heeft als achtergrond gediend om het beheersplan in twee fasen op te stellen, 1) na de uitvoering van een analyse van de kwetsbaarheid van de kustzone en 2) de realisatie van een risico-analyse.

### **3.2 Communicatie**

Als bijkomende eis bij het opstellen van het kustzonebeheersplan werd ook gesteld dat dit plan een communicatie-instrument zou moeten zijn.

Dit impliceert dat, parallel aan de benadering van de zeewering, zowel samenwerking als denkproces er hebben voor gezorgd dat het plan in zijn eindfase alle betrokken partijen tot een consensus zou kunnen brengen.

## **4. ENGINEERING**

### **4.1 Morfologische eenheden**

Een morfologisch onderzoek heeft geleid tot het indelen van de Opaalkust in vijf (5) morfologische eenheden:

- van de Authie tot de Canche;
- van de Canche tot Boulogne;
- van Boulogne tot Dunkerque-West
- van Dunkerque-West tot Dunkerque-Oost
- het Oosten van Dunkerque.

Dit concept heeft het voordeel dat ingrepen in één van de vijf eenheden overwogen kunnen worden zonder dat de vrees bestaat dat deze ingrepen een schadelijke invloed zouden kunnen hebben op de aanpalende zones.

Deze eenheden worden dan ook als beheerseenheden beschouwd.

Er werd in die zin afgestapt van het concept van sedimentologische eenheden, waarbinnen de sedimentbewegingen min of meer in evenwicht zijn.

## 4.2 Vastlegging van prioriteiten

Daar de prioriteiten traditioneel gedefinieerd worden aan de hand van voorkomingskansen en schade wordt in het beheersplan van de Opaalkust rekening gehouden met kwetsbaarheid- en risico-indexen. De prioriteiten worden hierbij vastgelegd op basis van de vermenigvuldiging van beide indexen en hun respectievelijke classificatie.

De analyse kan op twee schalen gedaan worden.

- Op schaal van de beheerseenheden spreekt men van gemeenschappelijke risico's. Daar de belangen op die schaal duidelijk te onderscheiden zijn, zijn de resultaten van de analyse dan ook vrij eenduidig.
- Op lokale schaal spreekt men van individuele risico's.

Naast technische en financiële zijn er ook menselijke aspecten. De keuze van prioriteiten wordt dan bijzonder moeilijk.



## 4.3 Een iteratief proces

Uiteraard is de mathematische becijfering van risico's maar een deel van het werk. De vergelijkbaarheid van indexen, de coherentie van de analyses, de begroting in termen van waarden en de vertaling van schade in Euro's zijn tal van aspecten die de essentie vormen van een geïntegreerd plan; zonder uitwisseling van informatie, adviezen van experts en betrokkenen, kan er geen goed plan opgesteld worden. Vandaar dat het iteratief proces van evaluatie, implementatie en bijsturing in de studie opgenomen is.

## 5. VOORSTELLEN MAATREGELEN

### 5.1 Beheersmaatregelen. Voorbeelden van toepassingen zijn:

- strandhagen
- beplantingen
- dijkverstevingingen
- strandhoofden



## 5.2 Ingrepen

Originele voorstellen van toepassingen zijn:

- klifstabilisatie door horizontale drainering
- zand by-pass

## 6. EEN GEINTEGREERD BEHEERSPLAN

### 6.1 Structuur

Het plan is opgesteld in een GIS-structuur.

Alle relevante gegevens worden ingevoerd in lagen, zodat de effecten van de kwetsbaarheid en de risico's gekwantificeerd kunnen worden rekening houdend met de verschillende belangen, nl. de economische belangen, de belangen voor het toerisme en voor het patrimonium.

### 6.2 Beheersplan

Het plan omvat een reeks technische fiches voor elke morfologisch eenheid; dergelijke basisfiche wordt verder gedocumenteerd door een detailsteekkaart per prioritaire sector of per proefsector. De bedoeling van het plan gesteund op de basiselementen een beslissing te kunnen nemen naar kustbeheer toe.

Het plan laat drie opties toe:

- het behouden e.g. vastleggen van de huidige kustlijn,
- het winnen van terreinen op de zee,
- het laten evolueren van de kustlijn.

De basis elementen die in het plan per objectief gedocumenteerd staan zijn als volgt:

- het principe
- de uitvoeringsmodaliteiten
- de kosten
- de te verwachten impact op korte, middellange en lange termijn
- de efficiëntie
- de nodige monitoringsprogramma's
- de beperkingen
- de nodige vergunningen

## 7. IMPLEMENTATIE VAN HET PLAN

### 7.1 Toelichting

Het plan tot behoud van de Opaalkust werd principieel toegelicht in het SAIL Partnership forum dd. 22 mei 2001 in Brugge. Daar werden het politiek engagement en het beleid inzake Geïntegreerd Kustzone Beheer voorgesteld; de aandacht werd ook gevestigd op het belang van transnationale samenwerking in de kustzone.

HAECON en LNHE hebben hiervoor een belangrijke bijdrage geleverd in de periode augustus 2000 – november 2001.

Het plan werd verder toegelicht tijdens het Colloquium "Erosion côtière et Développement durable" dat in Dukerque plaats vond op 26,27 en 28 september 2001.

## 7.2 Alternatieven

Gezien de schaal waarop de morfologische veranderingen zich afspelen en de omvang van de schade, leiden de voorgestelde herstellingsmaatregelen tot ondraagbare kosten.

Alternatieven worden dan ook onderzocht met veiligheid als objectief en kostenreductie als hoofdzorg.

In vele situaties wordt dan gekozen voor waarschuwing en preventie.



## 8. DUURZAAM BEHEER

Het principe van duurzaam beheer is binnen het schema gerespecteerd door oa. in de risico-analyse dezelfde gewichten of wegingsfactoren aan de sociaal, economisch en milieugebonden belangen toe te kennen.

Ook heeft HAECON voorgesteld om nu te starten met het opstellen van een beheersplan van natuurlijke rijkdommen (zand en grind in zee, kalksteen op land..) en de resultaten van het onderzoek in het kustzonebeheersplan te verwerken.

Een eerste stap zou zijn om het volume en het bilan van mobiele sedimenten langs de kust te gaan kwantificeren.

Dergelijke benadering werd reeds voorgesteld voor het beheer van de Vlaamse kust rekening houdend met het jaarlijks bagger en stortprogramma [ref.2].

### Referenties

[ref.1] project De Panne-Dunkerque kustverdediging en morfologische studie

[ref.2] project voor Ministerie Openbare Werken – ondersteuning baggerwerken

## MODELLERING VAN HET FIJNKORRELIGE SEDIMENTTRANSPORT EN DE BAGGERSPECIESTORTINGEN OP HET BELGISCH CONTINENTAAL PLAT

Michael Fettweis & Dries Van den Eynde

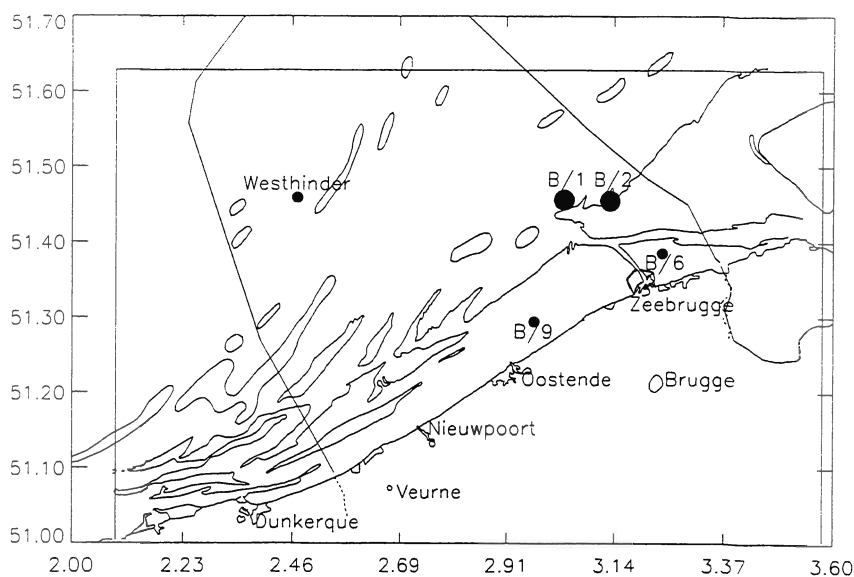
dr. Michael Fettweis & ir. Dries Van den Eynde. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.  
Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM), Gulledele 100, 1200 Brussel  
Tel: 02/773.21.32. E-mail: [m.fettweis@mumm.ac.be](mailto:m.fettweis@mumm.ac.be)

### 1. Inleiding

De selectie van één of meerdere loswallen met een hoge loswalefficiëntie is een belangrijke bekommernis voor de autoriteiten, die begaan zijn met de problematiek van de baggerspecielossingen in zee. Enerzijds wil men zo veel mogelijk vermijden dat het geloste materiaal terugkeert naar de plaats waar het werd gebaggerd. Anderzijds is het ook belangrijk dat de fysische, chemische en biologische effecten, die met het lossen van de eventueel verontreinigde baggerspecie gepaard gaan, zoveel mogelijk gelokaliseerd blijven. Deze bekommernis heeft het Vlaams Gewest ertoe gebracht verschillende onderzoeken te laten uitvoeren door de BMM, die de dispersie van de gestorte baggerspecie en meer algemeen het sedimenttransport voor onze kust bestuderen (Van den Eynde, 1995; Van den Eynde, 1997a; Van den Eynde & Ruddick, 1998; Fettweis & Van den Eynde, 2001).

De wateren in de Belgisch/Nederlandse kustzone worden gekarakteriseerd door een geringe diepte, een goede menging en een hoge hydrodynamische energie. Het sedimenttransport in dit gebied is complex, wat bijvoorbeeld blijkt uit de sterk dynamische zandbanken voor de kust en het transport van fijn gesuspendeerd materiaal. Het kustgebied tussen Oostende en Zeebrugge wordt gekenmerkt door een verhoogde turbiditeit. Het is in dit gebied dat de havens van Oostende en Zeebrugge en de belangrijkste vaargeulen (Pas van het Zand, Scheur) zich bevinden. Jaarlijks wordt hier ongeveer  $10 \times 10^6$  ton droge stof (TDS) gebaggerd voor onderhoud van de vaargeulen en de havens.

Baggeren van sedimenten en het storten ervan in zee heeft een lokaal impact op de fysische, chemische en biologische omgeving (OSPAR Commision, 2000). 60% van het slib dat op het BCP wordt gestort is afkomstig van de havens van Zeebrugge en Oostende. Dit slib (Lauwaert, 2002) komt terug in zee terecht waar het hoofdzakelijk als suspensiemateriaal wordt getransporteerd. Storten van fijnkorrelige baggerspecie verhoogt plaatselijk de concentratie aan sedimenten in het water en kan ook de dynamica van nutriënten verstoren. Een verhoogde sedimentconcentratie beïnvloedt vooral de planten en filter-feeding organismen. Op de stortplaatsen zelf wordt uiteraard het benthos verstoord doordat het bedolven raakt onder het gestorte sediment.



Figuur 1. Belgisch Continentaal Plat, ligging van de stortplaatsen B/1 (B&W S1), B/2 (B&W S2), B/6 (B&W Zeebrugge Oost) en B/9 (B&W Oostende). Eveneens aangeduid zijn de randen van het numerieke model.

De hoeveelheid aan onderhoudsbaggerwerken is een functie van de lokale hydrodynamische condities en van zowel het natuurlijk sedimenttransport als ook de stortingen van baggerspecie en de frequentie van de baggerwerken zelf. Om de efficiëntie van de stortplaatsen in te schatten is het nodig om het natuurlijk suspensietransport te kennen. Numerieke modellen kunnen gebruikt worden om het natuurlijk sedimenttransport te simuleren. In tegenstelling met de bagger- en stortgegevens, die vrij nauwkeurig gekend zijn, is de onzekerheid of variabiliteit van de meetgegevens van het natuurlijk slibtransport groot (Van Lancker *et al.*, 2001). Dit natuurlijk sedimenttransport wordt voor een deel gevormd door de voortdurende afwisseling van erosie en sedimentatie tijdens een getij, tijdens een doottij-springtijcyclus en tijdens stormen. Het tijgebonden sedimenttransport vertoont een regelmatige variatie in tegenstelling met stormen. In het begin van een storm wordt meer slib in suspensie gebracht en getransporteerd. Na een zekere tijd zal het erodeerbare slib verdwenen zijn en het sedimenttransport dalen.

In dit artikel willen we de resultaten van simulaties met een numeriek sedimenttransportmodel voorstellen. Hierbij zal in het bijzonder het natuurlijk transport van slib, het effect van stortingen van baggerspecie hierop en de efficiëntie van de baggerplaatsen besproken worden. Vooraleer hierop in te gaan zal eerst een overzicht van de fysische toestand (sedimenttransport, baggeren, storten) gegeven worden. Vervolgens worden de modellen kort toegelicht. In het centrale deel van het artikel zullen enkele modelresultaten worden voorgesteld en besproken alvorens enkele conclusies te formuleren. We willen hier benadrukken dat enkel de fysische effecten van baggeren besproken zullen

worden, meer bepaald het transport van het gestorte materiaal en de verhoging van de turbiditeit ter hoogte van de baggerplaatsen. Biologische en chemische effecten van het storten van baggerspecie worden hier niet besproken.

## 2. Het fijnkorrelig sedimenttransport

### 2.1. 'Natuurlijke toestand'

Het vastleggen of definiëren van een 'natuurlijke' toestand is moeilijk gezien de vele menselijke ingrepen op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) die de sedimentdynamica beïnvloeden. In de laatste tien jaren werd de vaargeul naar Zeebrugge en de Westerschelde stelselmatig verdiept tot een diepte van 13.8 tot 15.9 m GLLWS en namen de gebaggerde hoeveelheden aan slib toe. Toch kan worden vastgesteld dat het gebied tussen ongeveer Oostende en de Westerschelde reeds op de lithologische kaart van Van Mierlo (1899) werd aangeduid als zandhoudend slib en grijs slib. Van Mierlo beschrijft op een vrij uitbundige wijze het voorkomen van slib in dit gebied. Slibhoudende sedimenten in zee ontstaan volgens hem doordat, eens zich een mengeling van slib en zand zich gevormd heeft, deze mengeling door zijn cohesieve eigenschappen moeilijker erodeerbaar wordt en dus ter plaatse blijft liggen. Volgens hem bevinden zich langsheen de Belgische kust enkel tussen Blankenberge en Heist slibvelden. Zij bestaan uit zwart en grijs slib en slibhoudend zand en worden gevormd doordat zich op die plaats een ontmoetingspunt bevindt tussen de naar het oosten gerichte sedimenttransporten van maritieme oorsprong en de naar zee gerichte fluviatiele sedimenttransport afkomstig uit de Schelde. De oorsprong van het maritieme slib is volgens hem te vinden in de erosie van de Franse en Engelse kusten. Dit werd veel later onder andere bevestigd door Irion & Zöllmer (1999) aan de hand van de kleimineraalassociaties in de zuidelijke Noordzee. Gilson heeft tussen 1898-1939 ongeveer 3000 sedimentstalen genomen, het merendeel gelegen in de kustzone. Deze stalen werden door hem gedetailleerd beschreven, er werden echter geen kwantitatieve analyses op uitgevoerd. Recent werden de sedimentklassen zoals gedefinieerd op de Van Mierlo kaart gecontroleerd met (enkele) stalen uit de Gilson collectie (van Loen & Houziaux, 2002).

Een kwantitatieve schatting van de natuurlijke toestand kan gebeuren door het transport van fijnkorrelig materiaal op grotere schaal te bekijken. Het baggeren en dumpen hebben immers vooral een lokaal effect. Hieruit blijkt dat een belangrijk deel van het fijnkorrelig suspensiemateriaal afkomstig is van de Straat van Dover. Er bestaat hieromtrent een uitgebreide wetenschappelijke literatuur die door Fettweis & Van den Eynde (1999) werd samengevat. De hoeveelheden aan sedimentinput in de zuidelijke Noordzee die vermeld worden in de literatuur lopen sterk uiteen en zijn gelegen tussen  $2,5\text{--}58 \times 10^6$  ton/jaar. Recentere data wijzen op een instroming naar de Noordzee van  $44,4 \times 10^6$  ton/jaar. Een ander deel van het slib op het BCP is afkomstig van de dagzomende tertiaire en quaire klei- en sliblagen. Hieromtrent bestaan weinig kwantitatieve data. Bastin (1974) schatte de erosie op minder dan  $0\text{--}2,4 \times 10^6$  ton/jaar.



## 2.2. Menselijke verstoringen

Verdiepen van vaargeulen en bouwen van havens verandert lokaal de stroming en dus ook het sedimenttransport. De huidige toestand van verdiepte vaargeulen is niet natuurlijk en niet in evenwicht. Heden ten dage zijn de meest ingrijpende menselijke verstoring van het sedimenttransport uiteraard de baggerwerken (verdiepen van de vaargeulen) en het storten van de baggerspecie in zee. Andere verstoringen betreffen de winningen van aggregaten (zand en grint) op zee (Degrendele *et al.*, 2002). De uitbouw van de haven van Zeebrugge (zie studies uitgevoerd door Eurosense NV ter hoogte van het strand van Heist en het Zwin, 1994a, 1994b) heeft natuurlijk ook een zeer ingrijpende invloed gehad op de stranden en het sedimenttransport.

Baggerwerken hebben een belangrijke invloed. Jaarlijks worden ongeveer  $10 \times 10^6$  ton droge stof (TDS) gebaggerd voor onderhoud van de vaargeulen (46%) en de havens (54%). 90% van het gebaggerd materiaal bestaat uit fijnkorrelig sediment (slib). In de havens wordt bijna uitsluitend slib gebaggerd, terwijl de specie afkomstig uit de vaargeulen ongeveer 25% zand bevat. Het gebaggerde materiaal wordt vooral op twee plaatsen in zee gestort, waarvan 50% op B/1 (i.e. B&W S1) en 30% op B/6 (B&W Zeebrugge Oost), zie Figuur 1. De hoeveelheid materiaal die gebaggerd en gestort wordt is van dezelfde grootteorde als het natuurlijk residueel sedimenttransport op het Belgisch Continentaal Plat. Het dumpen van deze baggerspecie afkomstig uit onderhoudsbaggerwerken mag echter niet worden beschouwd als een bron van slib. Door stortingen wordt het sediment enkel over een (korte) afstand verplaatst. Het is ook belangrijk erop te wijzen dat het storten van de baggerspecie geen oorzakelijk verband heeft met het voorkomen van een turbiditeitsmaximum voor de kust. De aanrijking aan suspensiemateriaal ter hoogte van de Belgische Oostkust is een natuurlijk fenomeen, dat onder andere reeds beschreven werd door Van Mierlo (1899). Het storten voor de kust op B/1, B/2 en B/6 heeft wel een invloed op de lokale concentratie aan suspensiemateriaal en kan dus ook de uitgestrektheid van het gebied met verhoogde turbiditeit vergroten.

## **3. Beschrijving van de numerieke modellen**

### 3.1. Inleiding

De hier besproken toepassingen werden bekomen met het tweedimensionale sedimenttransportmodel mu-STM. De stromingen en waterstanden werden berekend met het tweedimensionaal hydrodynamisch model mu-BCZ, terwijl het golfklimaat berekend werd met het mu-WAVE golfmodel. Elk van deze modellen zal kort worden toegelicht.

De keuze van het gebruik van een tweedimensionaal hydrodynamisch wordt verantwoord door het feit dat de waterkolom gedurende het hele jaar goed gemengd is en er geen belangrijke temperatuur- of saliniteitsgradiënten voorkomen. Het gebruik van een tweedimensionaal sedimenttransportmodel in plaats van een driedimensionaal model heeft verschillende oorzaken. Ten eerste blijkt uit de validatie van de sedimenttransportmodellen dat het tweedimensionale model even goede tot betere resultaten geeft dan het driedimensionale sedimenttransportmodel. Dit bleek reeds uit de validatie aan de hand van de tracerexperimenten (Van den Eynde, 1997b) en wordt bevestigd door de validatie met metingen van het materiaal in suspensie in verschillende meetpunten (Van den Eynde, 1999a, 1999b). Alhoewel het driedimensionale model 'meer fysica' bevat dan het tweedimensionale blijkt het

driedimensionale model veel gevoeliger voor verschillende modelparameters en blijkt het moeilijker af te stellen dan het tweedimensionale model.

### 3.2. Het hydrodynamische model mu-BCZ

Het tweedimensionale hydrodynamische model mu-BCZ berekent de dieptegeïntegreerde stroomsnelheid en de waterstanden op het modelrooster onder de invloed van de getijden en de meteorologische effecten. Het model lost de klassieke ondiep watergolfvergelijkingen op te samen met de vergelijking voor het behoud van massa. De vergelijkingen worden met een volledig expliciete eindige differentiemethode opgelost op een Arakawa-C modelrooster. De bodemspanning wordt berekend met een kwadratische wrijvingswet.

Het model is geïmplementeerd op een modelrooster, dat het Belgische Continentale Plat en de Vlaamse Banken omvat, met een resolutie van 25" x 40", wat ongeveer gelijk is aan 750 m op 750 m. Aan de open randvoorwaarden is het model gekoppeld met het hydrodynamische model mu-STORM voor de gehele Noordzee en het Kanaal (Adam, 1979; Adam & Sterling, 1984). Vier halfdagelijkse ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_2$ ) en vier dagelijkse ( $O_1$ ,  $K_1$ ,  $P_1$ ,  $Q_1$ ) componenten worden gebruikt om de waterhoogten aan de open randen van dit model te berekenen waarbij het omgekeerd barometrisch effect wordt opgelegd om rekening te houden met meteorologische omstandigheden. Aan de uitstroming van de Schelde is het model gekoppeld met een ééndimensionaal model voor het Schelde-estuarium.

### 3.3. Het golfmodel mu-WAVE

Voor de berekening van de golven op het Belgisch Continentale Plat wordt het mu-WAVE model (Van den Eynde, 1992) gebruikt. De kern van het model bestaat uit het tweede generatie golfmodel HYPAS (Günther & Rosenthal, 1985), dat de onafhankelijke berekening van de deiningenergie voor verschillende frequenties en richtingen met behulp van een straalmethode combineert met een parametrisch zeegangmodel, dat de JONSWAP parameters en de gemiddelde zeegangsrichting als prognostische variabelen gebruikt. Een Lax-Wendrof schema wordt gebruikt om de gekoppelde vergelijkingen op te lossen.

Het model is geïmplementeerd op twee gekoppelde roosters. In de gehele Noordzee wordt een model met een resolutie van 50 km x 50 km gebruikt, terwijl in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee een finer modelrooster met een resolutie van 5 km x 5 km wordt gebruikt.

### 3.4. Het sedimenttransportmodel mu-STM

#### 3.4.1. Het numerieke model

Het tweedimensionale sedimenttransportmodel mu-STM is een Lagrangiaans model, dat is gebaseerd op de Second-Moment methode (de Kok, 1994). In deze methode wordt al het materiaal in een rooster cel voorgesteld door één rechthoekige massa, met zijden parallel aan het modelrooster, dat wordt gekarakteriseerd door zijn nulde moment (de totale massa), zijn eerste momenten (het massacentrum) en zijn tweede momenten (de uitgebreidheid van de rechthoek). De advection in het modelrooster kan nu worden uitgevoerd door het adveceren van elk van de zijden van

de rechthoek. Na elke tijdstap wordt er alle massa in een rooster cel terug samengenomen tot één rechthoekige massa. Door het gebruik van deze methode wordt er minder numerieke diffusie geïntroduceerd in de modelresultaten dan bij klassieke Euleriaanse modellen. Het model kan rekening houden met verschillende sedimentklassen. In de hier besproken toepassingen wordt enkel met de fractie  $<63 \mu\text{m}$  (slib) rekening gehouden.

### 3.4.2. Erosie, sedimentatie en consolidatie

Het gedrag en het transport van het sediment wordt in belangrijke mate bepaald door de erosie, sedimentatie en resuspensie van het materiaal. Deze processen worden in eerste instantie gestuurd door de aan de bodem optredende bodemspanning. In het mu-STM model wordt deze bodemspanning berekend met de formulering van Bijker (1966), een eenvoudige formulering waarbij de spanning wordt berekend onder het gecombineerde effect van stromingen en golven.

In de literatuur worden ingewikkelde formuleringen voorgesteld voor de modellering van de erosie en sedimentatie van het materiaal, die afhangen van verschillende parameters. Deze formuleringen zijn echter steeds plaatsgebonden en gevoelig voor parameters, die weinig gekend zijn. Daarom worden in het huidige model eenvoudige formuleringen toegepast. De erosie wordt gemodelleerd volgens Ariathurai-Partheniades (Ariathurai, 1974) terwijl de sedimentatie wordt berekend via de formule van Krone (1962). De hoeveelheid materiaal die wordt geërodeerd is bijgevolg een functie van een erosieconstante  $M$  [ $\text{kg/m}^2/\text{s}$ ] en van een kritische bodemspanning voor erosie  $\tau_s$  [Pa], terwijl de sedimentatie afhangt van de valsnelheid van de sedimentpartikels  $w_s$  [mm/s] en van de kritische bodemspanning voor depositie  $\tau_d$  [Pa].

In het model wordt de kritische bodemspanning voor erosie afhankelijk gemaakt van de consolidatie van het gesedimenteerde materiaal. Onderzoek naar de afzetting en consolidatie van niet homogene cohesieve sedimenten (slib/zand mengsels) hebben aangetoond dat het zandgehalte een grote invloed heeft op deze erosiedrempel (Torfs *et al.*, 1996; Williamson & Torfs, 1996). Lou & Ridd (1997) hebben een model voor verschillende sedimentfracties bestaande uit actieve lagen boven op een onbeweegbare bodem voorgesteld. Aangezien in het hier beschreven model enkel de fractie kleiner dan  $63 \mu\text{m}$  beschouwd wordt, wordt een ander concept van actieve lagen en bodem gebruikt. De vorming van een cohesieve sedimentlaag is het gevolg van het neerslaan van partikels en de consolidatie ervan. Deze processen veranderen de erosiegevoeligheid van de bodem en zijn geïmplementeerd in de actieve lagen van het model. Het consolidatiemodel steunt op het werk van Hayter (1986), Le Normant (1995) en Williamson & Torfs (1996). Elke laag wordt gekenmerkt door een droge dichtheid en een ouderdom. Indien het sediment in een bepaalde laag een zeker ouderdom bereikt heeft dan 'valt' het in de volgende laag die een hogere dichtheid heeft. De droge dichtheid bepaalt de kritische schuifspanning voor erosie. De onderste actieve laag heeft dezelfde kritische erosieschuifspanning als de bodemlaag. De bodemlaag is geen actieve laag, er kan geen materiaal in sedimenteren. Indien geen materiaal in de actieve laag aanwezig is, kan er wel materiaal (slib) uit eroderen, overeenkomstig het slibgehalte in de bodem (zie Figuur 2). De bodemlaag kan zo een (onuitputtelijke) bron van sedimenten zijn.

De kritische schuifspanning voor erosie van kustslib kan variëren tussen 0,1 en 2 Pa (Berlamont *et al.*, 1993) en wordt berekend als een functie van de dichtheid van het sediment. In het model worden waarden voor van 0,5 Pa

(vers slib) en 0,79 Pa (na 48 uren) gebruikt. De schuifsterkte van de bodemlaag bedraagt 1,5 Pa. Voor 100% slib bedraagt de erosieconstante 0,00012 kg/m<sup>2</sup>/s. In sedimenten met een lager slibgehalte (enkel in de bodemlaag) wordt de erosieconstante vermenigvuldigd met de slibfractie. De valsnelheid is constant en bedraagt 1 mm/s. Deze waarde houdt impliciet rekening met flocculatie processen (Brenon & Le Hir, 1999). Typische waarden voor de kritische depositieschuifspanning, die in een laboratorium werden gemeten variëren tussen 0,05 en 0,2 Pa (Berlamont *et al.*, 1993). Hier werd een waarde van 0,5 Pa gebruikt. Een hoge waarde bevordert afzetting van slib. Resultaten van validatieberekeningen waarin de modelresultaten vergeleken worden met in situ metingen worden besproken in Van den Eynde (1999a).

#### 3.4.3. Randvoorwaarde en initiële conditie

Kennis van de concentratie van het suspensiemateriaal (SPM) in het water ter hoogte van de randen van het model is nodig bij het opstellen van de randvoorwaarde van het sedimenttransportmodel. Het implementeren van een realistische randvoorwaarde is van belang bij langdurige berekeningen, met als doel het opstellen van een sedimentbalans. Op die manier kan de natuurlijke situatie worden gesimuleerd en kan het belang van de stortingen van baggerspecie worden geëvalueerd.

Het belangrijkste brongebied van het suspensiemateriaal in de zuidelijke Noordzee is het Engels Kanaal. De slibconcentratierandvoorwaarde werd opgesteld met behulp van metingen uit het BMM Monitoring Programma 1976-1996 en metingen gepubliceerd in de literatuur of in rapporten (Eisma & Kalf, 1987; Gossé, 1977; Groenendijk, 1992; Gullentops *et al.*, 1976; Salden, 1998). Gebaseerd op deze bronnen werden volgende gemiddelde suspensieconcentraties opgesteld langs de open randen (Fettweis & Van den Eynde, 2000): Scheldemonding 50 mg/l; noordelijke rand: 5 mg/l in het westen toenemend naar 50 mg/l in het oosten; westelijke rand van 10 mg/l dichtbij de kust afnemend tot 5 mg/l in zee.

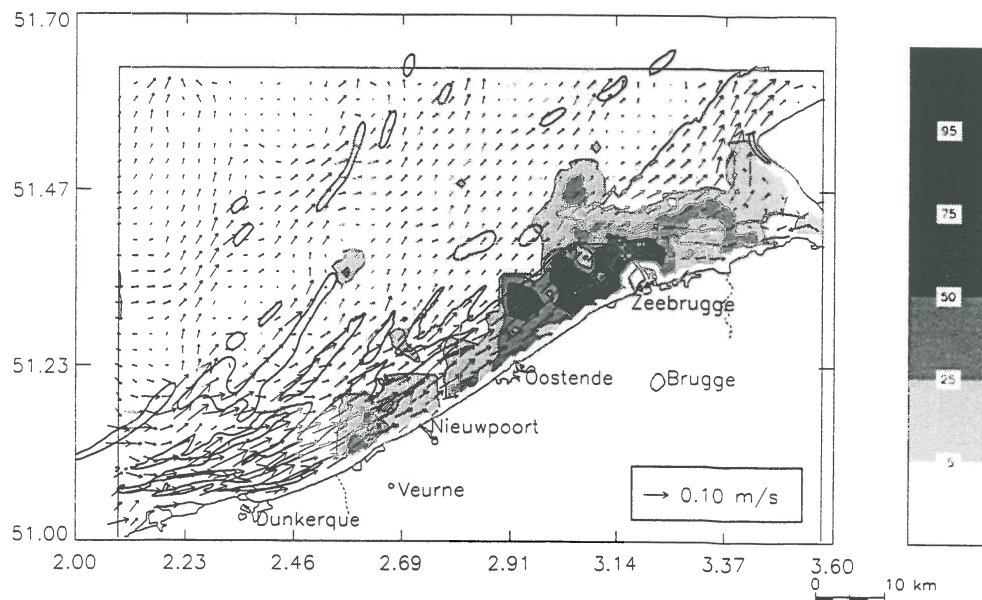
De bodemlaag wordt gebruikt als beginvoorwaarde voor de modelsimulaties. Het concept van bodemlaag steunt op de veronderstellingen dat de sedimenten geconsolideerd zijn, het zand en slib goed gemengd zijn, de sedimenten enkel kunnen eroderen indien de bovenliggende actieve lagen leeg zijn en de erosie van het slib uit de bodem evenredig is met het slibgehalte in de bodem. Dit laatste wordt bereikt door de erosieconstante te vermenigvuldigen met het slibgehalte. Het slibgehalte werd berekend in elke roostercel door een afstand gewogen interpolatie gebruikmakend van de korrelgrootteanalyses van ongeveer 1400 bodemstalen (Figuur 2). In de bodemlaag kan geen sediment afgezet worden.



#### 4. Modelsimulaties en resultaten

##### 4.1. De natuurlijke situatie

De distributie van het suspensiemateriaal wordt beïnvloed door een reeks met elkaar verweven processen, zoals temperatuur en biologische activiteit, resuspensie en depositie, hydrodynamica en turbulentie, mineralogische samenstelling, chemische eigenschappen, aggregaatforming en flocculatie. Het relatieve belang van elk van deze processen is moeilijk te kwantificeren, deels wegens gebrek aan observaties en deels wegens de complexe aard van de processen en de koppeling tussen elkaar. In Tabel 1 is de massabalans voor een simulatie van de natuurlijke toestand (jaar 1999) opgesteld. Het betreft hier de integratie over het hele modelgebied (dus ook buiten de kustzone), wat de hoge input aan sedimenten via erosie in het model verklaart. Een deel van de output via de noordelijke en de oostelijke randen van het model is afkomstig van deze erosie. De sedimentatie aan slib in het model heeft een juiste grootteorde. De waarde is echter lager dan de jaarlijkse gebaggerde hoeveelheid aan slib. Dit is het gevolg van het feit dat de havens, die belangrijke sedimentatiegebieden zijn, niet in het modelrooster opgenomen zijn.



Figuur 2: Slibgehalte in de oppervlakte sedimenten (gewicht %). De vectoren geven het residueel water transport over 1999 (met meteorologische effecten).



Het voorkomen van slibvelden geassocieerd met turbiditeitsmaxima in een gebied met hoge hydrodynamische energie is reeds het onderwerp geweest van diverse studies. De in deze studies gegeven verklaringen steunen allen op een zogenoemde 'hydrodynamische val', waarin het uit de Franse kustzone komende suspensiemateriaal gevangen wordt. Deze val is een neer of een divergerende of convergerende residuele stroming- of transportpatroon (Bastin, 1973; Nihoul, 1975; Gullentops *et al.*, 1976; Malherbe, 1991). Steunend op de modelresultaten, geven we een andere verklaring (Fettweis & Van den Eynde, 2001): het turbiditeitsmaximum ontstaat door de aanvoer van het suspensiemateriaal via de Straat van Dover, het ondiepe karakter van het gebied, de specifieke hydrodynamische eigenschappen en de afname in grootte van de residuele watertransportvector vanaf de Frans/Belgische grens naar Zeebrugge. Het is als het ware een slibopstopping en geen slibval. Het turbiditeitmaximum is verbonden met het voorkomen van de slibvelden en omgekeerd. In Figuren 3 en 4 worden getijgemiddelde slibconcentraties gedurende een dood- en een springtij getoond.

#### 4.2. Dispersie van baggerspecie na dumping in zee

##### 4.2.1. Opeenvolgende dumpingen

Simulaties met opeenvolgende dumpingen van baggerspecie op drie stortplaatsen (B/1, B/2 en B/6) werden uitgevoerd voor het jaar 1999. De data van de dumpingen werden gerangschikt per storttijdstip en per stortplaats en gecorrigeerd om enkel rekening te houden met de slibfractie. De data werden opgevraagd bij de afdeling Waterwegen Kust, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Tijdens het baggerjaar 1999 werden in de vaargeulen, naast onderhoudsbaggerwerken ook verdiepingsbaggerwerken uitgevoerd. Dit materiaal bevat een veel grotere zandfractie dan het materiaal afkomstig uit onderhoudsbaggerwerken. Hiermee werd rekening gehouden bij de bepaling van de slibfractie van het gestort materiaal. De baggerspeciéstoringen worden in het model gesimuleerd door op het gegeven tijdstip de hoeveelheid slib op de stortplaats in suspensie in het model te brengen.

De simulaties kunnen enkel een indicatie geven van de processen die zich werkelijk afspelen, omdat er in het model nieuw materiaal ingebracht wordt. In werkelijkheid wordt tijdens het onderhoudsbaggeren en storten het sediment enkel verplaatst over een zekere afstand. Enkel tijdens verdiepingsbaggerwerken wordt 'nieuw' materiaal opgegraven en gestort. Vermits dit sediment voornamelijk uit zand bestaat zal de invloed op de turbiditeit en het fijnkorrelig sedimenttransport gering zijn. Het nieuwe slib dat in het rooster gebracht wordt om de storting te simuleren beïnvloed uiteraard ook de massabalans, zie Tabel 1. Ondanks de verschillen kunnen de simulaties gebruikt worden om de lokale fysische effecten van het storten van baggerspecie te bekijken, *i.e.* de verhoogde turbiditeit en de grotere aanslibbing rond de stortplaatsen, in de vaargeulen en in de kustzone ten westen en ten oosten van Zeebrugge.

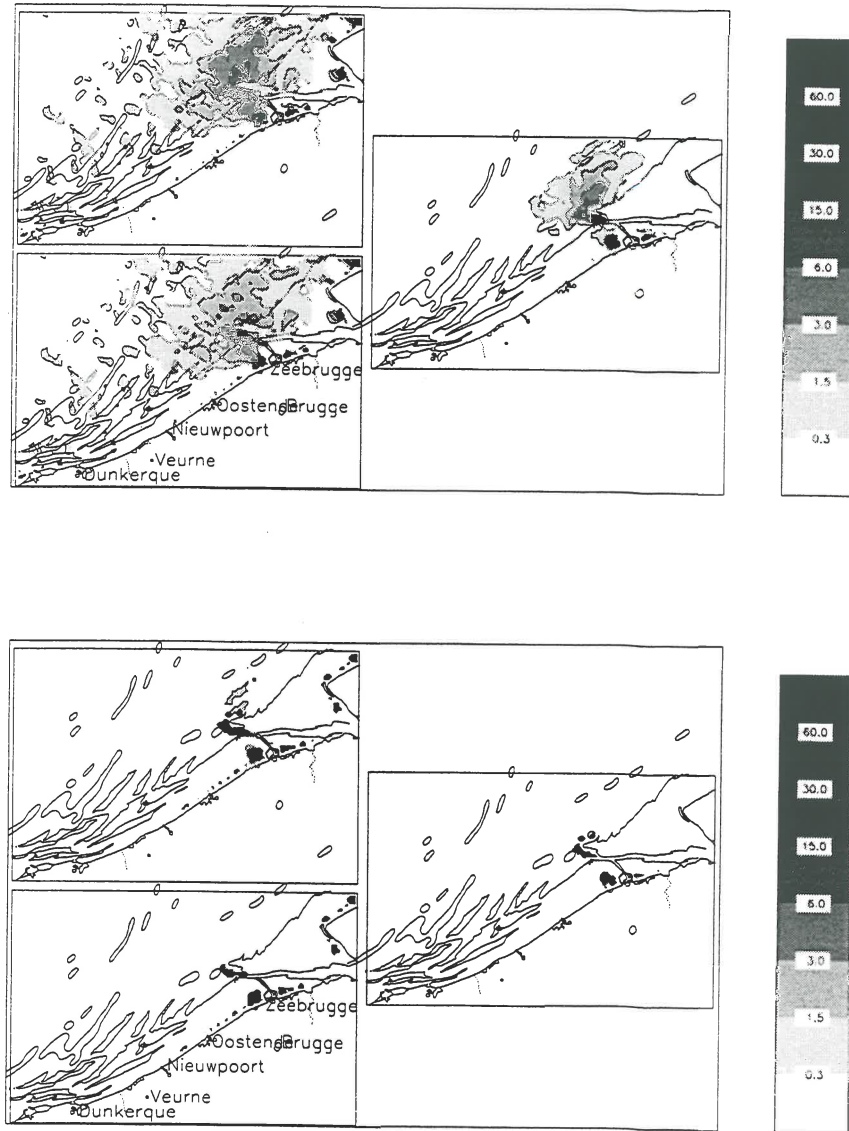
Tabel 1: Massabalans (in  $10^6$  ton droge stof) voor een simulatie van de 'natuurlijke' toestand (i.e. zonder storten, nr 1) en een simulatie met storten van slib (nr 2) op B/1, B/2 en B/6 voor het jaar 1999. +: invoer; -: uitvoer of immobilisatie; erosie: erosie van de bodemlaag; sedim: sedimentatie in de actieve modellagen; susp.: hoeveelheid slib in suspensie (netto).

Nr	invoer		uitvoer		sedim.	storten	susp
	W-rand	erosie	N-rand	Schelde			
1	+8.09	+10.62	-10.66	-0.39	-6.43	-	1.23
2	+8.09	+10.53	-15.40	-0.40	-7.98	+6.47	1.31

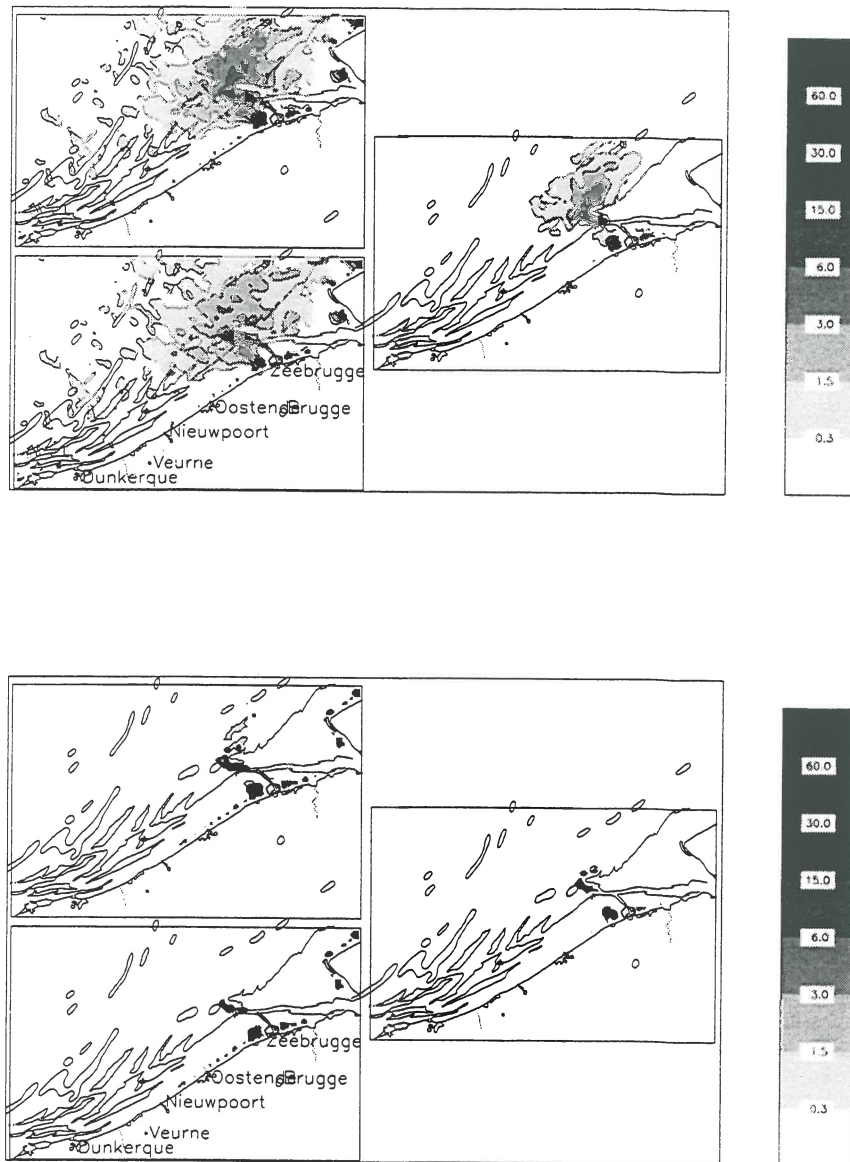
Uit de simulatieresultaten blijkt dat ongeveer 75% van het gestorte slib het model weer verlaat langs de randen, 25% van dit slib wordt afgezet in het model of bevindt zich in suspensie (1.63 miljoen ton). De verhoogde slibafzetting ten gevolge van dit extra slib is deels gesitueerd in de nabijheid van de stortplaatsen (zie Figuur 4).

De tijgemiddelde slibconcentratie- en slibafzettingskaarten met en zonder storting tezamen met de verschilkaarten worden in Figuur 3 en 4 getoond. De modelresultaten laten zien dat het storten op B/1 de slibconcentratie doet toenemen in een cirkel met straal van  $\pm 10$ -20 km rond de stortplaats. De tijgemiddelde slibconcentratie stijgt met ongeveer 50 tot 100 mg/l afhankelijk van de stortfrequentie en -hoeveelheid. Ter hoogte van de stortplaats B/6 zijn de verschillen in turbiditeit met en zonder storting geringer. De resultaten laten ook zien dat de slibafzetting ten noorden van de Vlakte van de Raan toeneemt. Een deel van dit afgezette slib wordt terug in suspensie gebracht tijdens een springtij wat verantwoordelijk is voor de toename in turbiditeit en de uitgestrektheid van deze 'vlek'. Ondanks de grote hoeveelheden aan slib die gestort werden, neemt de slibafzetting in de vaargeulen nauwelijks toe t.o.v. een simulatie zonder storten. Dit resultaat is in overeenstemming met de resultaten uit het VESTRAM project (Van den Eynde, 1999b) en laat toe om te besluiten dat het gestorte materiaal elders werd afgezet of het modeldomein heeft verlaten.

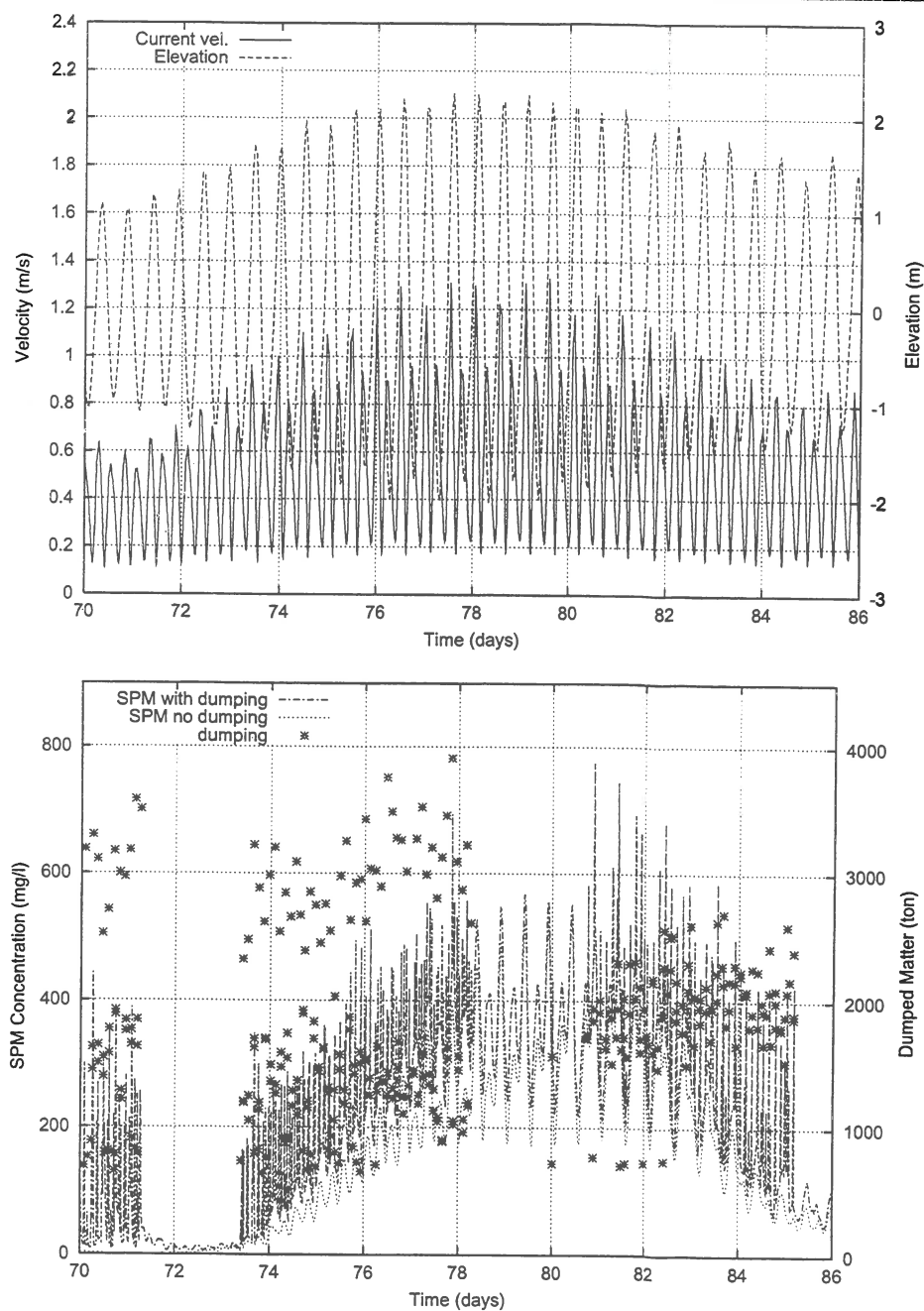
In Figuren 5 tot 7 wordt gedurende een periode van 16 dagen (tussen doortij en springtij) het verloop van de stroomsnelheid, de waterstand en de slibconcentratie met en zonder storting getoond in de drie beschouwde stortplaatsen. Ook de storting en de hoeveelheid materiaal dat gestort werd wordt in de Figuren getoond. Het betreft hier uiteraard 'roostercel'-gemiddelde waarden: de hoeveelheid gestort materiaal na storten wordt verspreid over een hele roostercel en dus over een volume van  $750 \times 750 \times \text{waterdiepte} [m^3]$ . Bij een waterdiepte van 15 m komt een storting van 1000 ton slib dus overeen met een plotse toename van de slibconcentratie in de roostercel met ongeveer 120 mg/l. Uit de figuren blijkt dat gedurende perioden met veel storting de slibconcentratie in het water sterk toeneemt (zie bijvoorbeeld dag 70-71 in Figuur 5, dag 82 in Figuur 7)



Figuur 3. Getij-gemiddelde slibconcentratie (mg/l). (a) doodtij (14/03/99) en (b) springtij (20/03/99). Per figuur: linksonder is de 'natuurlijke' toestand, linksboven de toestand met stortingen op B/1, B/2, B/6 en rechts is het verschil tussen beiden.

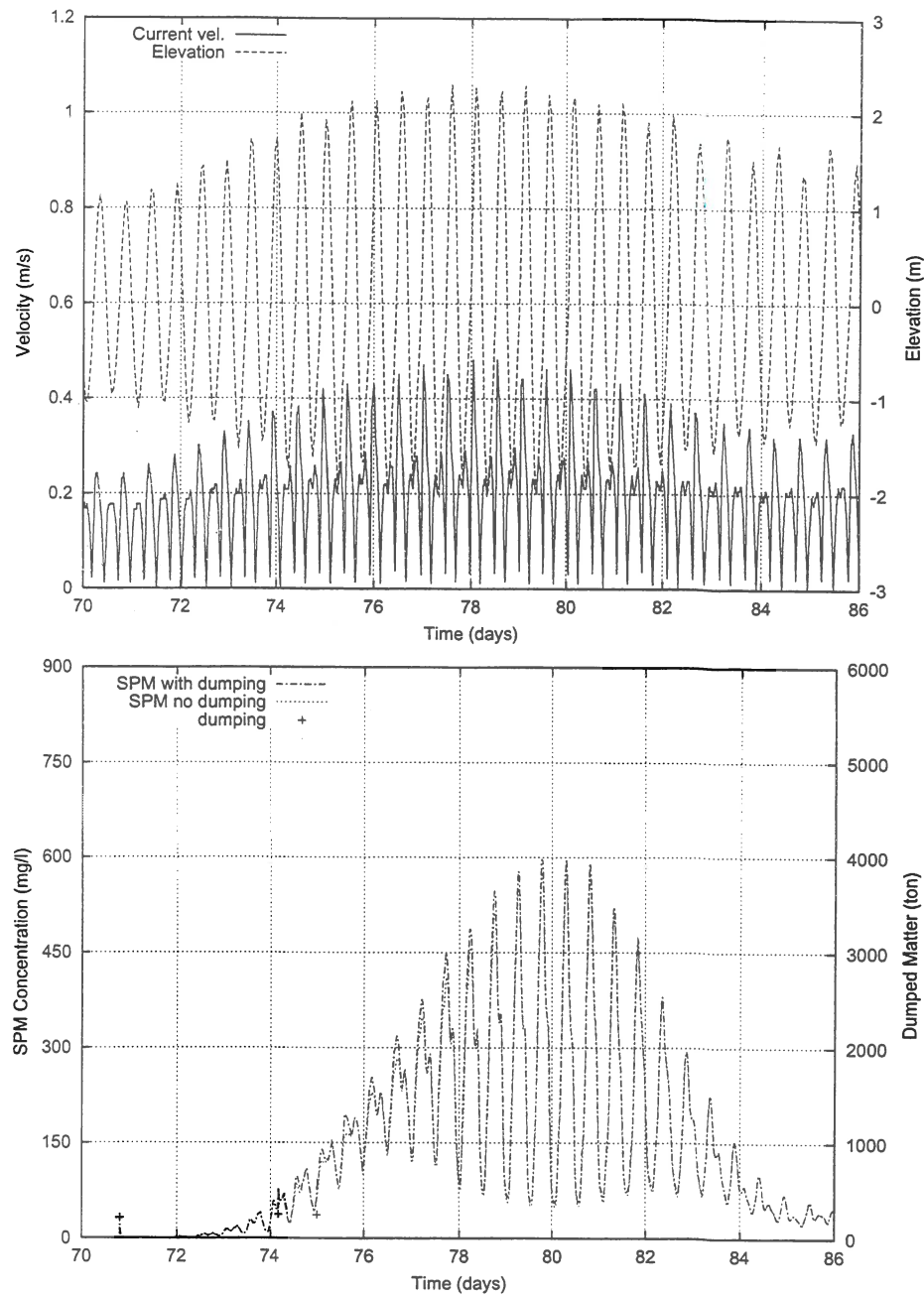


Figuur 4. Getij-gemiddeld slibafzetting ( $\text{kg/m}^2$ ) (a) doottij (14/03/99) en (b) springtij (20/03/99). Per figuur: linksonder is de 'natuurlijke' toestand, linksboven de toestand met stortingen op B/1, B/2, B/6 en rechts is het verschil tussen beiden.

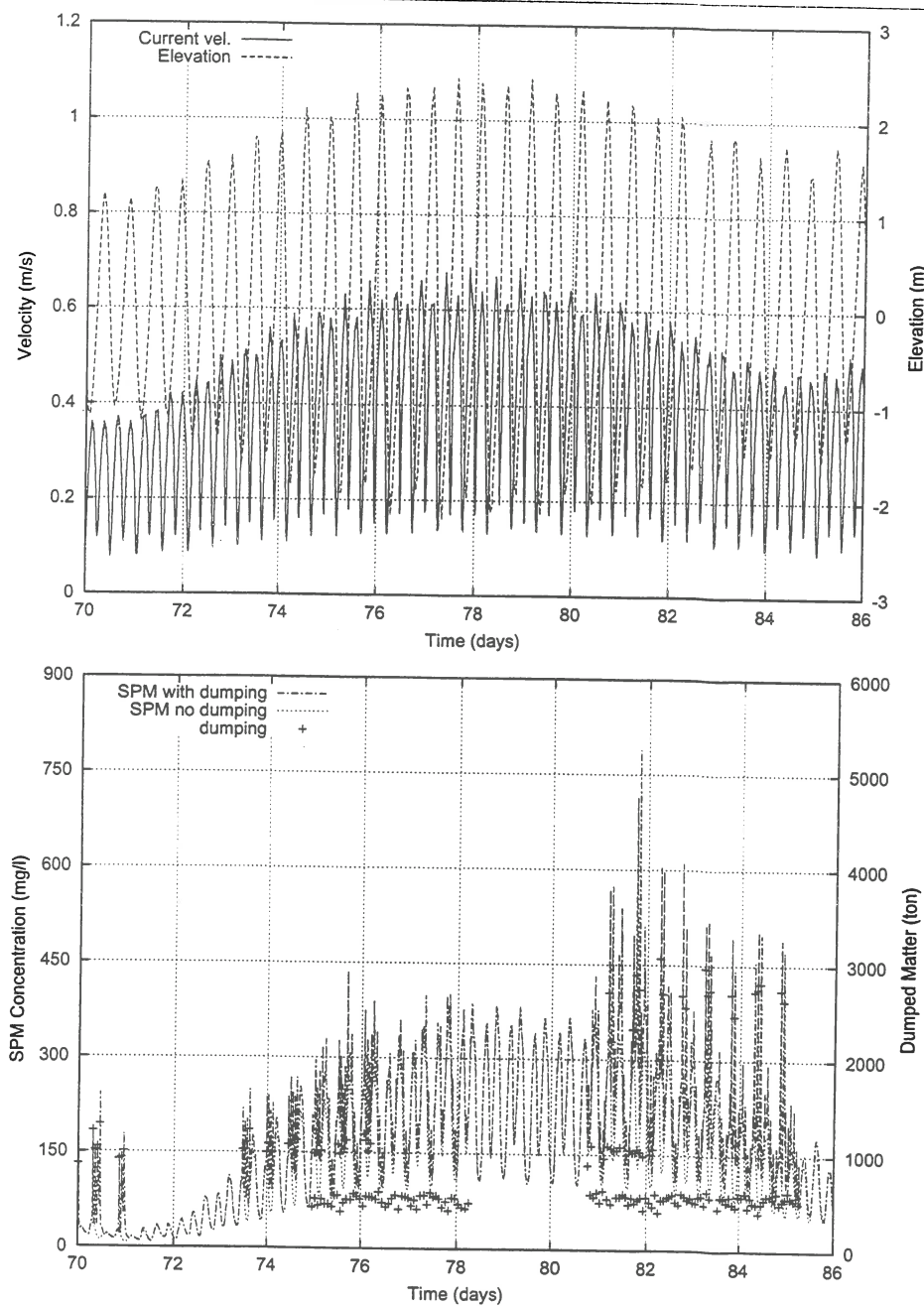


Figuur 5. Stortplaats B/1, 11-27/03/1999. (a) Waterstand en Stroomsnelheid (b) Slibconcentratie (SPM) met en zonder stortingen van baggerspecie.





Figuur 6. Stortplaats B/2, 11-27/03/1999. (a) Waterstand en Stroomsnelheid (b) Slibconcentratie (SPM) met en zonder stortingen van baggerspecie (er werd enkel 3 keer gestort gedurende de beschouwde periode).



Figuur 7. Stortplaats B/6, 11-27/03/1999. (a) Waterstand en Stroomsnelheid (b) Slibconcentratie (SPM) met en zonder stortingen van baggerspecie.

#### 4.2.2. Efficiëntie van stortplaatsen

De stortplaats B/6 is dichtbij de baggerplaatsen (de haven van Zeebrugge) gelegen en een deel van het gestorte materiaal zal terugstromen naar de baggerplaats. Uit simulaties en tracerexperimenten blijkt dat ook een deel van het materiaal dat op B/1 gestort wordt terugkeert naar de kustzone (Van den Eynde, 2002). De efficiëntie van de huidige baggerplaatsen is dus beperkt en er treedt bovendien recirculatie op. Kan de hoeveelheid aan het te baggeren materiaal significant verminderd worden door de stortplaatsen te verleggen?

De verhouding tussen de hoeveelheid materiaal die jaarlijks gebaggerd en gestort wordt en de hoeveelheid materiaal die jaarlijks op natuurlijke wijze het BCP binnenkomt en langs de Belgische kustzone stroomt, geeft een indicatie over de invloed van de locatie van de stortplaatsen op de te baggeren hoeveelheid. Een grote verhouding is een indicatie dat het baggeren van de vaargeulen en havens een belangrijk proces is in de Belgische kustwateren. Is deze verhouding evenwel klein dan is het dumpen van de baggerspecie een onbelangrijk proces ten opzichte van de natuurlijke opvulling van de baggerplaatsen. Dit zou dan kunnen betekenen dat de keuze van de ligging van de stortplaatsen van ondergeschikt belang is.

De verhouding wordt berekend aan de hand van de baggergegevens, die vrij nauwkeurig gekend zijn, en het uit literatuurdata geschatte residuele slibtransport op het BCP. Zoals in 2.1 vermeld, variëren de literatuurgegevens sterk en is er dus een grote onzekerheid betreffende deze gegevens. Gebruik makend van de baggergegevens en van de literatuurdata (storten/input+erosie) wordt een waarde voor de verhouding verkregen van 0,36. Met de modelresultaten (storten/input+erosie+storten) bedraagt de verhouding 0,26. Deze getallen wijzen enerzijds op het feit dat een substantieel deel van het slib van het 'natuurlijk' sedimenttransport betrokken wordt in de baggeroperatie. Door efficiëntere stortplaatsen te kiezen ver uit de kust zou de te baggeren hoeveelheid kunnen dalen. De hieruit resulterende baten moeten echter vergeleken worden met de hogere kosten tengevolge van een langere vaarweg en de relatief grotere biologische en chemische impact ten opzichte van het storten in een omgeving die reeds van natuur uit een hoge turbiditeit heeft. Anderzijds duiden de verhoudingen ook aan dat de grote sedimentaanvoer op het BCP altijd voor grote aanslibbing van de havens en van de vaargeulen verantwoordelijk zal zijn.

#### 5. Fysische effecten van baggerspeciestorringen

In het onderliggende artikel werd een overzicht gegeven van de modellering van het natuurlijk en het door mensen beïnvloede sedimenttransport. Uit de resultaten van het onderzoek kunnen volgende (voorlopige) conclusies getrokken worden:

- De hydrodynamische condities zijn zodanig dat er zich een natuurlijk turbiditeitsmaximum ter hoogte van de Oostkust bevindt. Dit turbiditeitsmaximum kan best omschreven worden als een opstopping van het sedimenttransport afkomstig uit de Straat van Dover en gaande in noordoostelijke richting.
- Tengevolge van de verhoogde turbiditeit ontstaan lokaal 'natuurlijke' of door mensen veroorzaakte (in havens en vaargeulen) slibafzettingen.
- Het storten van de gebaggerde specie doet lokaal de slibconcentratie stijgen.

- Recirculatie van het gestorte materiaal naar de baggerplaatsen is belangrijker bij stortplaatsen B/6 en B/9 dan bij B/1 en B/2. Omdat er zich echter een (natuurlijk) turbiditeitsmaximum ter hoogte van de kust bevindt, lijkt het dat de te baggeren hoeveelheden weinig zullen veranderen bij een verandering van de positie van de stortplaatsen.
- De positie van de stortplaatsen lijkt van ondergeschikt belang bij het beschouwen van de efficiëntie van de baggerwerken.

### Dankbetuiging

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Maritieme Toegang.

### Referenties

- Adam, Y., 1979. Belgian real-time system for the forecasting of currents and elevations in the North Sea. In J.C.J. Nihoul (Ed.): *Marine forecasting: predictability and modelling in ocean hydrodynamics*. Elsevier Oceanography Series 25, 411-425.
- Adam, Y. & A. Sterling, 1987. La prévision des marées-tempêtes le long de la Côte Belge. Extrait des Annales des Travaux Publics de Belgique, 2, 105-115.
- Ariathurai, C.R., 1974. A finite element model for sediment transport in estuaries. Ph.D. Thesis, University of California, Davis.
- Bastin, A., 1973. Natural radioactive tracers and their use in Belgium. Tracer Techniques in Sediment Transport. Technical Report Nr. 145, IAEA, Vienna.
- Bastin, A., 1974. Regionale sedimentologie en morfologie van de zuidelijke Noordzee en het Schelde estuarium. Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, 91 pp.
- Berlamont, J., M. Ockenden, E. Toorman & J. Winterwerp, 1993. The characterisation of cohesive sediment properties. Coastal Engineering, 21, 105-128.
- Bijker, E.W., 1966. The increase of bed shear in a current due to wave motion. In: Proc. 10<sup>th</sup> Conf. Coastal Eng., Tokyo, 746-765.
- Brenon, I. & P. Le Hir, 1999. Modelling the turbidity maximum in the Seine estuary (France): Identification of formation processes. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 49, 525-544.
- Degrendele, K., M. Roche & P. Schotte, 2002. Project Zandwinningen: Monitoring van de impact van zandwinning op de morfologie van de bodem. In: V. Van Lancker et al. (eds). *Kustzonebeheer vanuit geo-ecologische en economische invalshoek*. Genootschap van Geologen van de Universiteit Gent en VLIZ. Oostende, 16-17 mei 2002. VLIZ special Publication 10, Oostende, Belgium.
- de Kok, J.M., 1994. Numerical modelling of transport processes in coastal waters. Ph.D. Thesis, Universiteit Utrecht, 158 pp.
- Eisma, D. & J. Kalf, 1987. Dispersal, concentration and deposition of suspended matter in the North Sea. Journal of the Geological Society of London, 144, 161-178.
- EUROSENSE, 1994a. Bufferzone Heist Sedimentdynamica. Metingen van spring- naar doottij (9-16 feb. 1993) en bij storm (18-20 feb. 1993). KDN 94.004, Eurosense, Wemmel.
- EUROSENSE, 1994b. Vooroever Zwin, Sedimentdynamica. KDN 94.005.
- Fettweis, M. & D. Van den Eynde. 1999. Bepaling van de Sedimentbalans voor de Belgische Kustwateren. Activiteitsrapport 1: Literatuurstudie. BMM-rapport SEBAB/1/XX/199912/NL/AR/1, 35 pp.
- Fettweis, M. & D. Van den Eynde, 2000. Bepaling van de Sedimentbalans voor de Belgische Kustwateren, Activiteitsrapport 2: Berekeningen met sedimenttransportmodellen. SEBAB/1/MF/200006/NL/AR/2, MUMM, Brussels.

- Fettweis, M. & D. Van den Eynde. 2001. Bepaling van de Sedimentbalans voor de Belgische Kustwateren. Eindrapport. BMM-rapport SEBAB/1/MF/200103/NL/ER/1, 33 pp.
- Gossé, J.G., 1977. A preliminary investigation into the possibility of erosion in the area of the Flemish Banks. FA 7702, RIKZ.
- Groenendijk, F.C., 1992. Distribution in time and space of fresh water and suspended matter in the Dutch coastal zone. DGW-92.021, RIKZ.
- Gullentops, F., M. Moens, A. Ringelé & R. Sengier, 1976. Geologische kenmerken van de suspensie en de sedimenten. In: J.C.J. Nihoul & F. Gullentops (Eds.), Project Zee - Projet Mer, Volume 4: Sedimentologie. Science Policy Office, Brussels, 1-137.
- Günther & Rosenthal, 1985. The hybrid parametrical (HYPAS) wave model. In: Ocean wave modelling, Swamp group. Plenum Press, New York, 211-214.
- Hayter, E.J., 1986. Estuarial sediment bed model. In: A.J. Mehta (Ed.), Estuarine Cohesive Sediment Dynamics, Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies 14, 326-359.
- Irion, G. & V. Zöllmer, 1999. Clay mineral associations in fine-grained surface sediments of the North Sea. Journal of Sea Research, 41, 119-128.
- Krone, R.B., 1962. Flume studies of the transport of sediment in estuarial shoaling processes. Final Report, Hydr. Eng. Lab. en Sanitary Eng. Research Lab., Univ. California, Berkeley.
- Lauwaert, B. 2002. Het beheer van de niet-levende rijkdommen op het Belgisch continentaal plat. In: V. Van Lancker et al. (eds). Kustzonebeheer vanuit geo-ecologische en economische invalshoek. Genootschap van Geologen van de Universiteit Gent en VLIZ. Oostende, 16-17 mei 2002. VLIZ special Publication 10, Oostende, Belgium.
- Le Normant, C., 1995. Modélisation numérique tridimensionnelle de processus de transport des sédiments cohésifs en environnement estuarien. Ph.D. Thesis, Institut National Polytechnique, Toulouse, 237 pp.
- Lou, J. & P.V. Ridd, 1997. Modelling of suspended sediment transport in coastal areas under waves and currents. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 45(1), 1-16.
- Malherbe, B., 1991. A case study of dumping of dredged material in open areas. Terra et Aqua, 45, 5-32.
- Nihoul, J.C.J., 1975. Effect of tidal stress on residual circulation and mud deposition in the Southern Bight of the North Sea. Review of Pure and Applied Geophysics, 113, 577-591.
- OSPAR Commission 2000. Quality Status Report 2000, Region II – Greater North Sea. OSPAR Commission, London. 136 + xiii pp.
- Salden, R.M., 1998. Een model voor het transport van slib in de Nederlandse kustzone. Een hulpmiddel naar scenario studies naar kustuitbreidingsplannen. Rapportage van SILTMAN deelprojecten 11 & 14. OS-98.119X, RIKZ.
- Torfs, H., H. Mitchener, H. Huysentruyt & E. Toorman, 1996. Settling and consolidation of mud/sand mixtures. Coastal Engineering, 29, 27-45.
- Van den Eynde, D., 1992. mu-WAVE: an operational wave forecasting system for the Belgian coast. In: Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, May 19-22, 1992, Montréal, Canada, 313-324.
- Van den Eynde, D., 1995. Project "Sedimenttransportmodel", Executive summary. BMM/STM/ER, MUMM, Brussels.
- Van den Eynde, D., 1997a. Project "Sedimenttransportmodel - Fase II", Eindrapport. STM2/1/DVDE/199709/NL/ER/1, MUMM, Brussels.
- Van den Eynde, D., 1997b. Validatie van de sedimenttransportmodellen mu-STM, mu-STMF en mu-STM3. BMM-rapport STM2/1/DVDE/199709/TR/5, 117 pp.
- Van den Eynde, D. & K. Ruddick, 1998. Validatie en Exploitatie van Sediment Transport Modellen: Activiteitsrapport 1-2. BMM-rapport, VESTRAM/1/DVDE/199912/NL/TR/1.
- Van den Eynde, D., 1999a. Calibratie en validatie van de sedimenttransportmodellen mu-STM en mu-STM3. BMM-rapport VESTRAM/1/199903/TR/1, 68 pp.
- Van den Eynde, D., 1999b. Toepassing van het sedimenttransportmodel mu-STM voor het beheer van baggerspeciéstoringen. BMM-rapport VESTRAM/1/DVDE/199912/NL/TR/2, 61 pp.
- Van den Eynde, D., 2002. Interpretation of tracer experiments with fine-grained dredging material at the Belgian Continental Shelf by the use of numerical models. (in preparation)



- 
- Van Lancker, V., J. Lanckneus, G. Moerkerke, D. Van den Eynde, M. Fettweis, M. de Batist & P. Jacobs. 2001. Investigation of the natural sand transport on the Belgian continental shelf (BUDGET). Final report. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), 104 + 87 pp. Annex.
- van Loen, H. & J.-S. Houziaux. 2002. The collection of Gustave Gilson as a reference framework for the Belgian marine fauna: feasibility study. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), Sustainable Management of the North Sea. 47 pp.
- Van Mierlo, C.-J., 1899. La carte lithologique de la partie méridionale de la mer du Nord. Bulletin de la Société Belge de Géologie, Paléontologie, et Hydologie, XII, 2nde série (tome III), 219-265.
- Williamson, H. & H. Torfs, 1996. Erosion of mud/sand mixtures. Coastal Engineering, 29, 1-25.

## MILIEUGERICHTE MONITORING VAN BAGGERWERKZAAMHEDEN MOBAG 2000

M. Van Parys<sup>1</sup>, G. Dumon<sup>2</sup>, A. Pieters<sup>1</sup>, S. Claeys<sup>3</sup>, J. Lanckneus<sup>4</sup>, V. Van Lancker<sup>4</sup>, M. Vangheluwe<sup>5</sup>, P. Van Sprang<sup>5</sup>, L. Speleers<sup>6</sup>, and C. Janssen<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> TVNK, Jan De Nul N.V., Trangel 23, B-9308 Hofstade-Aalst, Tel: +32 (0)53 73 1511, Fax: +32 (0)53 781760,

E-mail: info@jandenul.com, Web: www.jandenul.com

<sup>2</sup> Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende, Tel: +32 (0)59 554211, Fax: +32 (0)59 507037,

E-mail: guido.dumon@lin.vlaanderen.be, Web: www.lin.vlaanderen.be/awz

<sup>3</sup> TVNK, MEDIDA NV, Hydrographic Services, Marcus Gerardsstraat 1, B-8380 Zeebrugge,

Tel.: +32 (0)50 55 95 95, Fax: +32 (0)50 55 95 57, E-mail: claeys.stijn@dredging.com, Web: www.dredging.com

<sup>4</sup> Magelas, Violierstraat 24, B-9820 Merelbeke, Tel: +32 (0)9 2325704, Fax: +32 (0)9 2325704,

E-mail: info@magelas.be, Web: www.magelas.be

<sup>5</sup> EURAS, Wiedauwkaai 49, B-9000 Gent. Tel: +32 (0)9 257.13.99, Fax +32 (0)9 2571398.

E-mail: marnix.vangheluwe@euras.be.

<sup>6</sup> ERC (Environmental Research Center), Hekkestraat 51, B-9308 Hofstade-Aalst,

Tel: +32 (0) 53 769769, Fax: +32 (0)53 769768, E-mail: lode.speleers@erc.be

<sup>7</sup> Universiteit Gent, Laboratory for Environmental Toxicology and Aquatic Ecology, Jozef Plateaustraat 22, B-9000 Gent, Tel: +32 (0)9 26437 75, Fax: +32 (0)9 2644199, E-mail: colin.janssen@rug.ac.be

### 1. INLEIDING EN DOELSTELLING

De laatste drie jaar (pachtjaar 1997 – 2000) werd aan de Belgische kust gemiddeld 9,4 miljoen ton droge stof (TDS) per jaar gebaggerd enkel en alleen voor onderhoudswerkzaamheden. Naar aanleiding van de verdieping van de aanvaarroutes naar de Westerschelde werden daar bovenop nog eens 8,7 miljoen TDS gebaggerd, gespreid over de jaren 1998-2000. Al deze baggerspecie wordt in zee gelost op vaste loswallen nabij de kust of wordt aangewend ter bescherming van de bestaande kustlijn in de vorm van strandopspuitingen en voedingsbermen.



MOBAG 2000 (**M**onitoring **B**aggerwerken jaar **2000**) werd opgestart als ontwikkelingsprogramma voor de optimale beheersing van de ecologische impact van de baggerwerken aan de kust, in functie van de Best-Environmental Practice filosofie, zoals beschreven in de annex aan de richtlijnen voor het management van baggerspecie van het verdrag van Oslo (OSPAR directives of 1992).

Het eerste luik van dit onderzoeksproject heeft tot doel de baggerefficiëntie te verhogen. Het tweede luik omvat het onderzoek naar de ecologische impact van de baggerwerken.

De opdracht ter uitvoering van dit uitgebreid wetenschappelijk onderzoek werd in september 1995 door de Afdeling Waterwegen Kust van de Administratie Waterwegen en Zeewezen van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap) gegund aan de Tijdelijke Vereniging Noordzee en Kust, een joint venture van JAN DE NUL NV met de baggerbedrijven DREDGING INTERNATIONAL en BAGGERWERKEN DECLOEDT.

De verschillende studies die onder MOBAG 2000 werden uitgevoerd gedurende de periode van 1995 tot 2000 kunnen onderverdeeld worden in drie hoofdgroepen :

- De **fysische effecten** op het marien milieu werden geëvalueerd door beschouwing van de turbiditeitsverhoging veroorzaakt bij de bagger- en losoperaties. Hierbij werden in de loop van het project zowel sleepopperzuigers als snijkopzuigers gevolgd waarbij zowel mobiele als stationaire meettechnieken toegepast werden. In een bijkomende studie werd ook de relatie tussen de hydro-meteo en de sedimentatie in de haven van Zeebrugge onderzocht.
- De **chemische effecten** ten gevolge van het baggeren werden in detail bestudeerd en de studies bestaan uit drie facetten. Enerzijds werd er dieper ingegaan op de mogelijke variabiliteit van de mobiliteit van de micropolluenten op de baggerzone. Verder is er onderzoek gedaan naar de evolutie van de baggerspecie tijdens de verschillende fasen van het baggerproces met een sleepopperzuiger voor verschillende baggertechnieken. Tenslotte is een aanzet gegeven om de mobiliteit van bepaalde zware metalen te evalueren tijdens het dumpen van baggerspecie op de loszone.
- Met de evaluatie van de **biologische effecten** komen we op het terrein van de ecotoxiciteitstesten. Bij dit deelonderzoek werden ecotoxiciteitstesten uitgevoerd met baggerspecie uit het CDNB te Zeebrugge.

## 2. UITGEVOERDE STUDIES

### 2.1. Fysische effecten

De fysische effecten van een toename van de turbiditeit liggen voor de hand. Een reductie van de watertransparantie heeft een invloed op de fotosynthese van plankton in de waterkolom. Verder is er eventueel een effect op de ontwikkeling van vissen en kan een verandering van de sedimentologie van de zeebodem ten gevolge van het lossen van baggerspecie de migratie van bepaalde vispopulaties in de hand werken. Een ander, maar niet te verwaarlozen effect is het visuele aspect.

Zowel statische als mobiele turbiditeitsmetingen werden uitgevoerd bij de toepassing van verschillende baggertechnieken per ingezet type baggerschip :

Turbiditeit		studiegebied	metingen			
			mobiel	statisch	accoust.	optisch
loswal						
snijkopzuiger		Nieuwpoort	x	x		x
veegzuiger		Nieuwpoort	x	x		x
sleephopperzuiger		S1 en Zb oost	x	x	x	x
achtergrond		S1 en Zb oost		x	x	x
baggerzone						
snijkopzuiger		CDNB/Nieuwpoort	x	x		x
veegzuiger		Nieuwpoort	x	x		x
sleephopperzuiger	groene pijp	CDNB	x		x	x
	milieuklep	CDNB	x		x	x
achtergrond		CDNB/Nieuwpoort	x	x	x	x

#### matrix turbiditeitsmetingen

- Te Nieuwpoort werd de ecologische impact van een snijkopzuiger en een veegzuiger vergeleken zowel nabij de baggerzone als op het strand waar de baggerspecie werd gelost. De turbiditeit veroorzaakt tijdens beide baggerfasen werd geëvalueerd door het uitvoeren van zowel stationaire als mobiele optische turbiditeitsmetingen.
- In de haven van Zeebrugge werd het uitbaggeren van het Wielingendok met een snijkopzuiger gevolgd.
- Voor de evaluatie van verschillende baggertechnieken bij onderhoudsbaggerwerken met de sleeppopperzuiger 'Cristoforo Colombo' in het CDNB te Zeebrugge werden mobiele turbiditeitsmetingen uitgevoerd.
- Tijdens het monitoren van de pluim veroorzaakt bij het baggeren werd duidelijk dat zeer grote schommelingen van de achtergrondturbiditeit in functie van het getij bestonden. Dit gaf aanleiding tot het monitoren van de achtergrondturbiditeit in de haven om aldus ook een idee te krijgen van de sedimentflux in de haven van Zeebrugge. Tijdens het daarop volgende projectjaar werd ter bepaling van de sedimentflux een bijkomend onderzoek uitgevoerd waarbij ook de NDP (Nortek Doppler Profiler) aangewend werd na optimalisatie van deze meettechniek om turbiditeitsmetingen over de gehele waterkolom uit te voeren in combinatie met de klassieke optische OBS (Optical Backscatter Sensor).
- Op de loswallen S1 en Zeebrugge Oost werden zowel statische als mobiele turbiditeitsmetingen toegepast om de evolutie van de achtergrond en de bezinking van geloste sedimenten in kaart te brengen.
- In een bijkomende studie werd ook de relatie tussen de hydro-meteo en de sedimentatie in de haven van Zeebrugge onderzocht.

## 2.2. Chemische effecten

Bij het opstarten van het project werd uit literatuuronderzoek al snel duidelijk dat nagenoeg geen informatie beschikbaar was omtrent de omvang van de fysisch-chemische veranderingen die zich afspelen tijdens de verschillende fasen van het baggerproces. Labo onderzoek bestaande uit o.a. elutriaatstenen uitgevoerd in de periode voor 1995 deden het vermoeden rijzen omtrent een stijging van de mobiliteit van verschillende micropolluenten.

Om deze chemische effecten te evalueren werden verschillende milieuvriendelijke baggertechnieken met elkaar vergeleken :

- De mobiliteit van pollutanten voor de veegzuiger werd vergeleken met de metingen uitgevoerd voor klassieke snijkopzuiger.
- Tijdens de campagne met de sleephopperzuiger 'Cristoforo Colombo' werden de baggercyclussen met 'milieuklep' en 'groene pijp' vergeleken met de standaard baggercyclus. Hierbij werden stalen genomen in situ, in de stortgoot, in het beun en in de overvloed van de hopper. De mobiliteit van de organische en anorganische micropolluenten, nutriënten, natuurlijke metalen en meerdere fysisch-chemische parameters werden geëvalueerd aan de hand van totaal analyses, poriewater analyses, distributiecoëfficiënten en sequentiële extracties (van metalen).
- Op de loszone werd de mobiliteit van arseen en zink, en de variatie van de saliniteit, de redoxpotentiala en de zuurtegraad ten gevolge van het dumpen gemeten.
- Verder werd een studie verricht naar de ruimtelijke variatie van de mobiliteit van arseen en zink in de in-situ sedimenten van het CDNB te Zeebrugge.

chemische effecten		studiegebied	staalname		
			in situ	aan boord	loswal
snijkopzuiger		Nieuwpoort/Zeebrugge	x		x
veegzuiger		Nieuwpoort	x		x
sleephopperzuiger	klassiek	CDNB / Voorhaven	x	x	x
	groene pijp	CDNB	x	x	x
	milieuklep	CDNB	x	x	x
in situ sedimenten		CDNB	x		

matrix chemische analyses

### 2.3. Biologische effecten

Onder de biologische effecten van het baggeren en dumpen kunnen we de volgende verstoringen catalogeren :

- Fysieke verstoring van bentische populaties, effecten op migratie van vissen, het effect op de sedimentologie van de zeebodem.
- De zuurstofdepletie in de waterkolom, de invloed op de groei van phytoplankton door beschaduwning en de verstikking van organismen bij het lossen van de baggerspecie behoren tot een tweede categorie.
- De effecten op de abundantie en de verscheidenheid aan soorten vormt een derde categorie maar wordt door het 'Centrum voor Landbouwkundig onderzoek - Departement Zeevisserij' bestudeerd en valt aldus buiten het onderzoeksgebied.

Tijdens het derde jaar werd een reeks ecotoxiciteitstesten uitgevoerd waarbij organismen, representatief voor de gehele waterkolom, werden blootgesteld aan elutriaten en aan sedimentsuspensies.



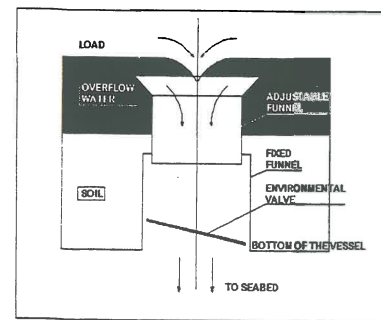
### 3 SHZ 'CRISTOFORO COLOMBO' : VERGELIJKING VAN BAGGERTECHNIEKEN TE ZEEBRUGGE AAN DE HAND VAN TURBIDITEITMETINGEN

In het tweede projectjaar van Mobag 2000 - Ecologische impact werd een uitgebreide meetcampagne uitgevoerd met als doel de invloed van de baggerwerkzaamheden met een sleephopperzuiger op het milieu te meten, enerzijds wat turbiditeit betreft en anderzijds wat betreft de invloed op de mobiliteit van de polluenten, aanwezig in de baggerspecie.

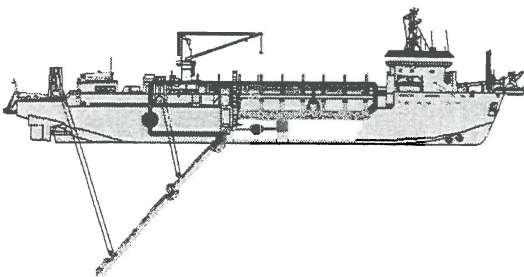
#### 3.1. Baggertechnieken

Naast de huidige klassieke baggermethode werden ook enkele nieuwe technieken onderzocht tijdens de onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd met SHZ 'Cristoforo Colombo' ter hoogte van het CDNB te Zeebrugge:

- Een eerste nieuwe techniek is het baggeren met milieuklep waarbij met een regelbare klep in de overvloeikoker de stroming van het overvloeewater gesmoord wordt. Hierdoor stijgt het waterniveau in de overloop en vermindert de valhoogte waardoor in vergelijking met de standaard baggermethode minder lucht meegezogen wordt en de turbulentie onder het schip beperkt wordt. Dit resulteert in een bijna ongestoorde densiteitstroom waarin de speciedeeltjes sneller naar de bodem zakken wat de verspreiding van eventueel aanwezige vervuilde deeltjes beperkt.



schema van de milieuklep



schema van de 'groene pijp' geïnstalleerd aan boord van SHZ 'Cristoforo Colombo'

- Bij een andere nieuwe techniek wordt gebaggerd met de zogenaamde 'groene pijp'. Het overvloeewater wordt volledig opgevangen en door middel van een baggerpomp terug naar de sleepkop gepompt waar het als proceswater hergebruikt wordt met een minimale verspreiding van deeltjes in suspensie tot gevolg.

#### 3.2. Werkmethode

Turbiditeit in de buurt van een baggerschip kan veroorzaakt worden door turbulentie en wrijving ter hoogte van de sleepkop, het overboord vloeien van speciedeeltjes in suspensie in het overvloeewater en fysische omgevingskarakteristieken (bodemstructuur, stroomrichting, stroomsnelheid, ...).

Turbiditeitsmetingen laten toe een aantal belangrijke aspecten met betrekking tot de ecologische impact van de turbiditeitsverhoging ten gevolge van de baggeractiviteiten te onderzoeken :

- de achtergrondturbiditeit : turbiditeit veroorzaakt door natuurlijke fenomenen zoals stroming, golven, wind, ... en als gevolg van normale scheepvaart
- de horizontale dispersie van de sedimentpluim

- de bezinkingssnelheid van het sediment in suspensie

Het baggertraject werd vooraf vastgelegd :

- binnenkomend langs de oostzijde van het CDNB baggeren zodanig dat de overvloed bereikt werd aan het einde van de baggerzone
- tijdens het keren de vaarroute kruisen
- buitenvarend langs de westzijde van het CDNB baggeren met overvloed of met recirculatie via de 'groene pijp'.

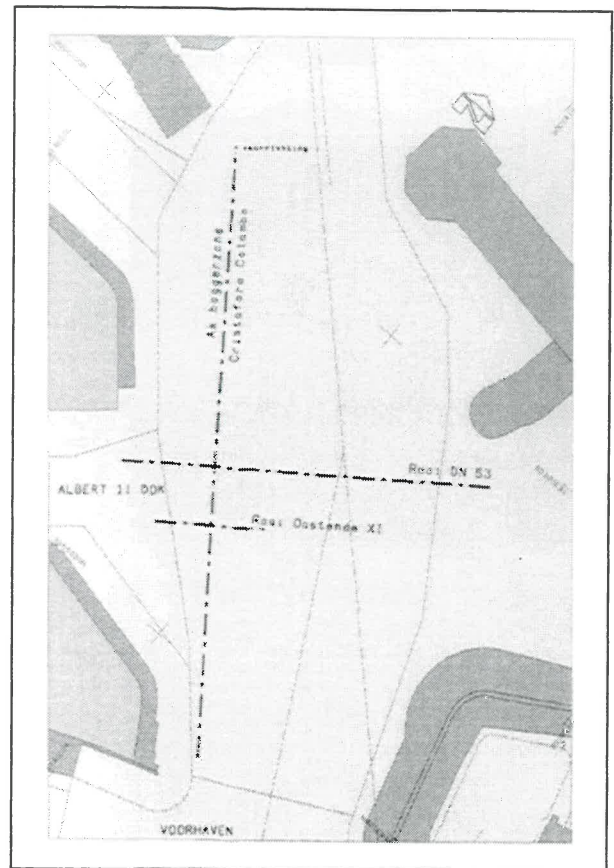
Tijdens het baggeren werden turbiditeitsmetingen uitgevoerd in verticale vlakken haaks op de baggerrichting. De volgende gegevens werden opgenomen :

- peilvlet 'Jacqueline' : tijd, positie, NDP stroming- en turbiditeitsparameters;
- peilvlet 'Oostende XI' : tijd, positie, diepte, OBS turbiditeitsparameters (later ook NDP);
- peilvlet 'DN 53' : tijd, positie, diepte, OBS turbiditeitsparameters;
- sleepopperzuiger 'Cristoforo Colombo' : tijd, positie, parameters baggerproces.

De stalen genomen aan boord van peilvlet 'DN53' werden gebruikt om de turbiditeitsensoren te ijken en ter verificatie van de turbiditeitsmetingen.

De turbiditeit, veroorzaakt bij elk type baggercyclus, werd bepaald met OBS en NDP sensoren.

Om het belang van de turbiditeit als gevolg van de baggerwerkzaamheden ten opzichte van de turbiditeit veroorzaakt door invloeden van hydro-meteorologische oorsprong te bepalen werden achtergrondmetingen uitgevoerd tijdens de afwezigheid van het baggerschip.



*plan baggertraject / survey raaien*

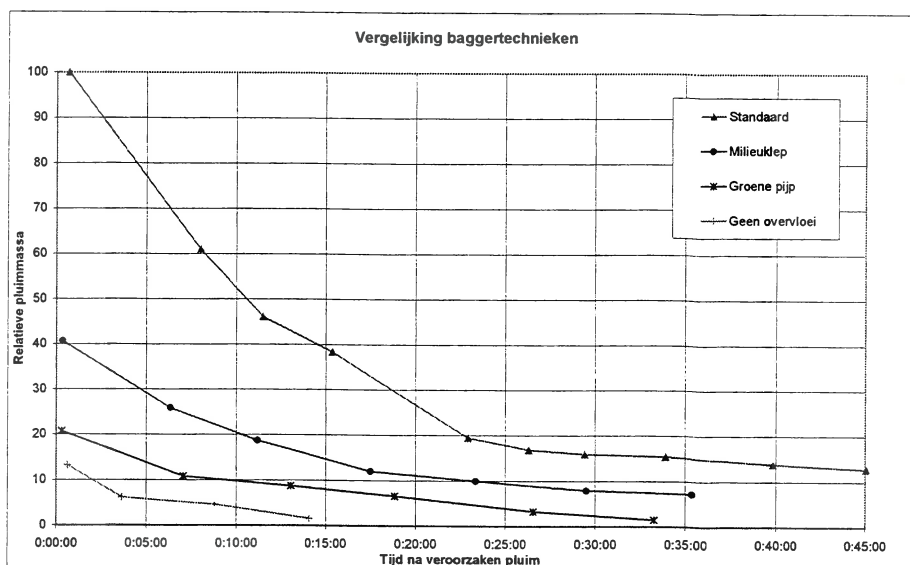
### 3.3. Meetresultaten

#### *Vergelijking baggertechnieken :*

De meetresultaten bekomen voor de verschillende baggertechnieken en op verschillende tijdstippen werden vergeleken met de turbiditeitswolk veroorzaakt tijdens een standaard baggercyclus :

- Bij gebruik van de milieuklep in de overloop wordt de hoeveelheid vaste stof die lang genoeg in suspensie blijft om zich via stromingsinvloeden te kunnen verspreiden beperkt tot 41 procent ten opzichte van de klassieke baggercyclus.

➤ Bij het baggeren met groene pijp wordt slechts 21 procent van de hoeveelheid, gemeten bij de klassieke baggercyclus, in suspensie gebracht. Bovendien situeert het proces zich vlak boven de bodem zodat het bezinkingsproces aanzienlijk korter wordt.



*vergelijkende grafiek op basis van OBS metingen*

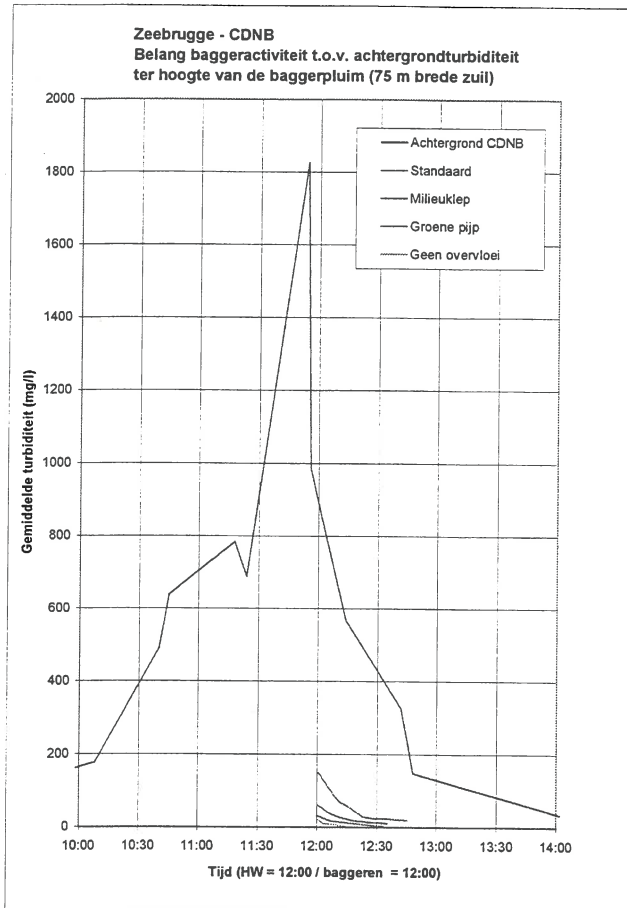
➤ Baggeren zonder overvloed heeft tot gevolg dat de veroorzaakte turbiditeit beperkt wordt tot 13 procent ten opzichte van de klassieke techniek en dat de duur van het bezinkingsproces minimaal is vermits ook hier alles vlak bij de bodem gebeurt.

#### *Belang van de achtergrondturbiditeit :*

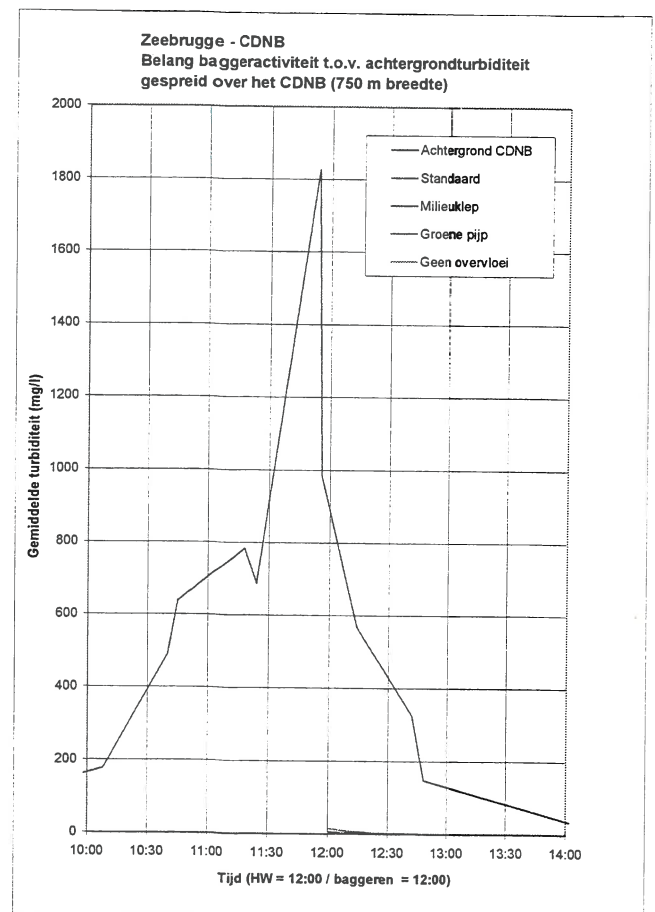
Tijdens de meetcampagne werd vastgesteld dat de achtergrondturbiditeit rond hoog water tengevolge van natuurlijke fenomenen zeer hoge waarden bereikt. Gedurende 2 à 3 uren was het hierdoor zelfs onmogelijk de baggerpluim te onderscheiden van de achtergrond.

In onderstaande figuren werd de evolutie van de gemiddelde achtergrondturbiditeit over de totale breedte van het CDNB ter hoogte van het Albert II dok (+/- 750 m) grafisch uitgezet. Door de baggeractiviteiten werd een strook van ongeveer 75 m verstoord. Deze verstoring werd eveneens weergegeven in de grafieken. Bij de opbouw van beide figuren werd uitgegaan van de grafiek met de middeling van de achtergrondturbiditeit rond een fictieve getijcyclus met hoog water om 12 uur waarop de evolutie van de baggerpluim uitgezet werd voor de verschillende baggertechnieken (het baggerschip passeert het meetvlak eveneens om 12 uur). Terwijl de linker figuur de lokale verstoring met de achtergrondturbiditeit vergelijkt, wordt in de rechter figuur de verstoring ten gevolge van de baggerwerkzaamheden uitgesmeerd over de totale breedte van het CDNB.

Uit de figuren blijkt duidelijk dat het aandeel van de turbiditeit, veroorzaakt door het baggeren, slechts een fractie is van de gemiddelde achtergrondturbiditeit in de haven.



belang baggeractiviteit t.o.v. achtergrondturbiditeit ter hoogte van de baggerpluim (75 m brede zuil)



belang baggeractiviteit t.o.v. achtergrondturbiditeit gespreid over het CDNB (750 m breedte)

#### 4. SEDIMENTFLUX ONDER INVLOED VAN GETIJSTROMINGEN AAN DE HAVENINGANG VAN ZEEBRUGGE

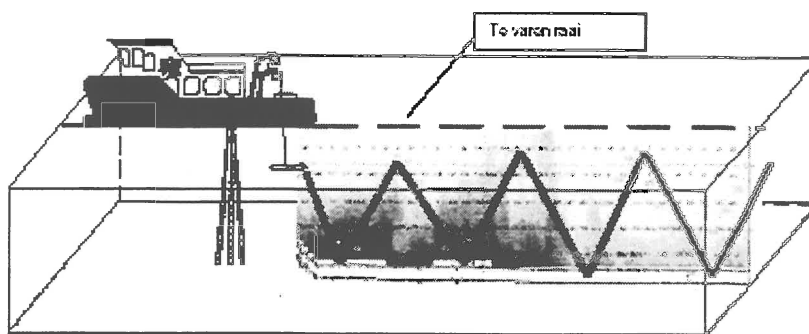
Tijdens de meetcampagne met SHZ 'Cristoforo Colombo' werd duidelijk dat de achtergrondturbiditeiten, ter hoogte van de haveningang van Zeebrugge, zeer hoge waarden bereikten en in vele gevallen de gemeten turbiditeiten, veroorzaakt door baggeroperaties, overschreden.

Het was dan ook wenselijk om een beter inzicht te verkrijgen in de verbanden die bestaan tussen de turbiditeiten en de factoren die ze induceren. In dit opzicht werden metingen verricht over een springtij-doodtij cyclus nabij de haveningang. Deze metingen lieten toe een sedimentbalansberekening uit te voeren.

##### 4.1. Werkmethode

De metingen in dit deelproject werden uitgevoerd in een verticale doorsnede van de vaarpas van de Nieuwe Buitenhaven van Zeebrugge nabij de haveningang. Er werd gemeten over een volledige getijcyclus teneinde de bewegingen van het sediment onder invloed van de getijstroomingen te beschrijven en te begroten.

De turbiditeiten over de gehele waterkolom werden berekend aan de hand van de "backscatter" intensiteit van een acoustic Doppler current profiler (type NDP), gekalibreerd met de "backscatter" turbiditeitsensoren, gemonteerd op een computergestuurde sleepvis.



*meetmethode 'online' mobiele turbiditeitsmeting*

Na elk gevaren profiel werden de gegevens (stroomsnelheid, turbiditeit en diepte) on-line gevisualiseerd. In een tweede verwerkingstap (off-line) werd de data gecorrigeerd op eventuele fouten. In een derde stap werd de tijdsas omgerekend naar een geografische as. Om een volledig beeld van de turbiditeiten in tijd en ruimte te verkrijgen, werden de volgende correcties toegepast:

- de hiaten (onberekenende informatie tussen de opgemeten profielen) in de tijd werden door interpolatie ingeschat en opgevuld.
- de hiaten in de ruimte (1.5 m van de bodem en 2 m van het wateroppervlak) werden opgevuld door middel van extrapolatie.

#### 4.2. Meetresultaten

##### ➤ Turbiditeitsprofielen :

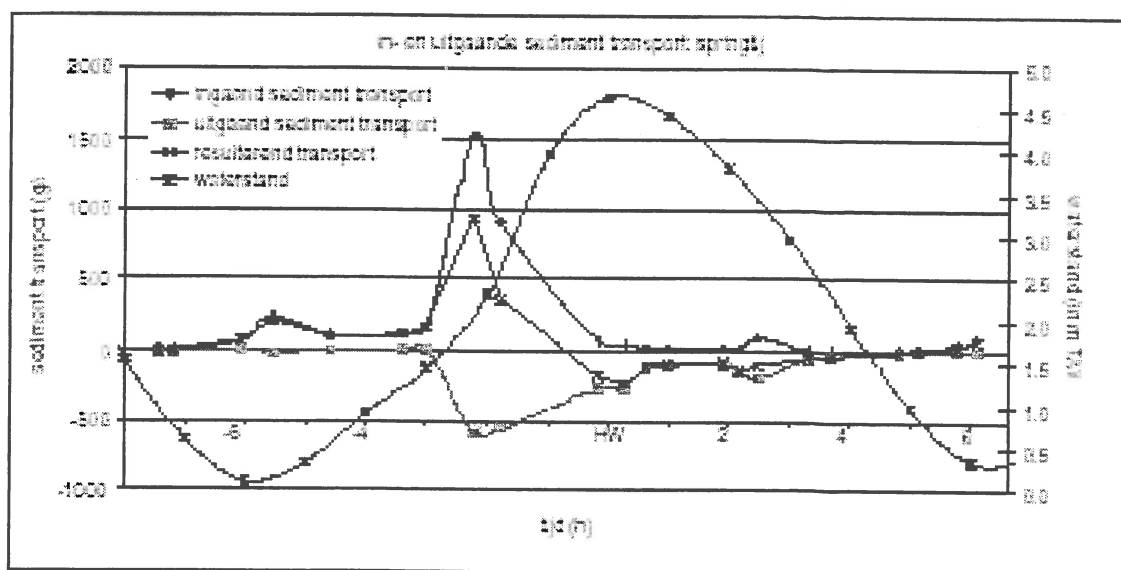
- Er is een duidelijk onderscheid aanwezig tussen doottij en springtij. De maximale waarde gemeten tijdens springtij bedraagt 2200 mg/l en tijdens doottij 900 mg/l
- Het turbiditeitsprofiel vertoont veel gelijkenis met het verloop van de gemeten stromingen. De aanwezige turbiditeit is sterk afhankelijk van de aanwezige stromingen.
- Er is een duidelijk sedimenttransport van oost naar west (en omgekeerd) dat gevolgd kan worden aan de hand van de gegevens van de stroomatlas.
- De gemiddelde laagste turbiditeit varieert van 30 tot 50 mg/l en vult de meeste profielen op (vooral doottij).
- Het aantal profielen dat opgemeten is, is sterk afhankelijk van het scheepvaartverkeer. Een gemiddelde van 1 raai per 30 minuten werd verwezenlijkt. Hierbij is de evolutie van de turbiditeit te volgen zonder te grote hiaten aan informatie.
- Ook kan het schroefwater van de passerende schepen duidelijk onderscheiden worden

##### ➤ Beschrijving verloop bij Springtij :

- De tijcyclus begint 6h voor HW en eindigt 6h25 na HW. Gedurende deze periode stroomt er ongeveer  $45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  water in de haven en uit de haven. Het stromingspatroon is tijdens deze periode heel veranderlijk.
- Tijdens deze periode stroomt er 9200 ton sediment in en 6000 ton sediment uit. Netto blijft er 3200 ton achter.



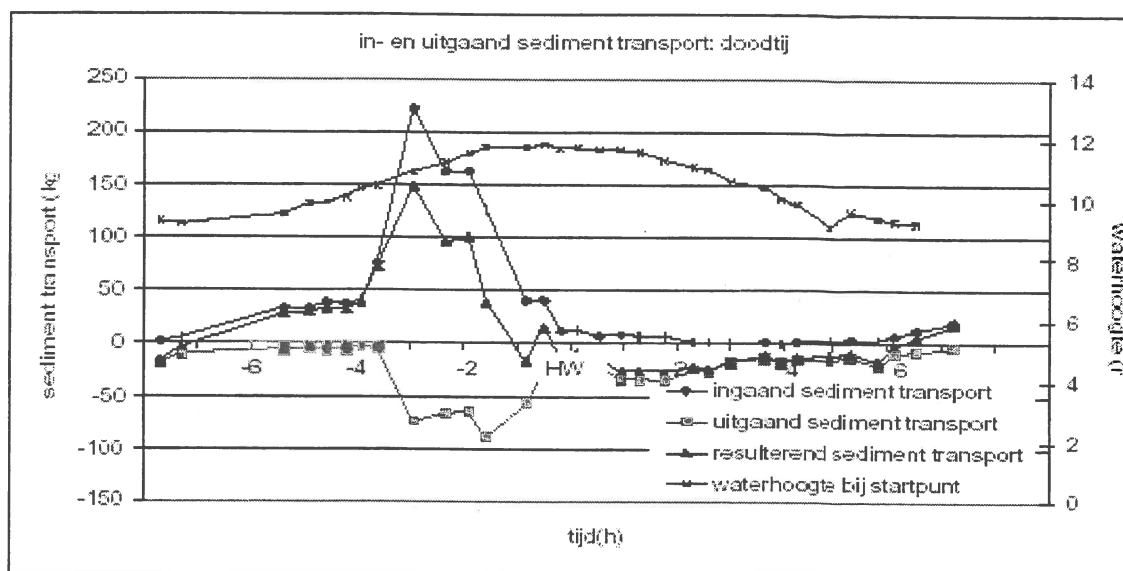
- Het moment van hoogst binnenkomend debiet heeft plaats rond 2 uur voor hoogtij. Het hoogste uitgaand debiet heeft plaats 2 uur na hoogtij.



*in- en uitgaand sedimenttransport, tijdens één springtijcyclus, door het profiel van de haveningang*

➤ Beschrijving verloop bij doortij:

- De tijcyclus begint om 5h30 voor HW en eindigt 7h00 na HW. Gedurende deze periode stroomt er ongeveer  $33 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  water in de haven en uit de haven.
- Tijdens deze periode stroomt er 2050 ton sediment in en 1260 ton sediment uit. Netto blijft er 795 ton achter.
- Het hoogste binnenkomend debiet heeft 3 uur voor hoogtij plaats (verschil van 1 uur met springtij). Het uitgaand debiet vertoont geen expliciete piekmomenten maar het grootste gebied is gespreid over de periode 2 uur voor hoogtij tot 2 uur na hoogtij.



*in- en uitgaand sedimenttransport, tijdens één doortijcyclus, door het profiel van de haveningang*

#### 4.3. Besluit

Zoals reeds gekend (stroomatlas), is de haveningang van Zeebrugge onderhevig aan stroomrichtingen en -snelheden die sterk variëren over de getijcyclus. Een algemene stromingstrend gedurende een getijcyclus is duidelijk waar te nemen, maar wordt ook sterk beïnvloed door het spring- en doottij fenomeen. Het totaal binnenkomend en buitengaand debiet moet in evenwicht zijn. Dit evenwicht kan enkel berekend worden door een groot aantal profielen, met gelijkmatige spreiding over het getij, op te nemen. De belemmerende factor is vooral het scheepvaartverkeer die het dwarsen van de haveningang niet altijd toelaat. De debietbalans van doottij en springtij is in evenwicht.

Het verschil in de hoeveelheid in- en uitstromend water over een volledig getijcyclus van springtij ( $45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  water) en doottij ( $33 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  water) bedraagt ongeveer 25 %. Toch is het verschil in sedimenttransport (springtij: 9200 ton sediment in en 6000 ton sediment uit) (doottij: 2050 ton sediment in en 1260 ton sediment uit) veel signifikanter. Tijdens springtij blijft er 3200 ton sediment achter en tijdens doottij 790 ton sediment, wat overeenkomt met een factor 4. De hogere stroomsnelheden zijn hiervoor verantwoordelijk. Bij deze begroting van het sedimenttransport wordt geen rekening gehouden met het eventuele bodemtransport en de metingen zijn uitgevoerd bij rustige weersomstandigheden.

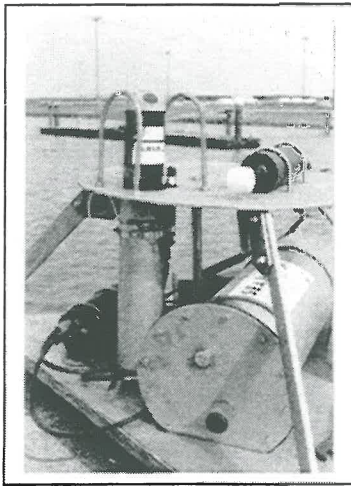
### 5. SEDIMENTTRANSPORT OP DE LOSWALLEN : STATIONAIRE METINGEN

De schepen die ingezet worden voor het onderhoud en het verdiepen van de Zeebrugse Haven en de toegangsgeulen lossen hun gebaggerde specie op de loswallen B&W Zeebrugge Oost en B&W S1. Op de loswal S1 wordt vooral zanderige specie uit de vaargeulen gelost. Ter hoogte van de loswal Zeebrugge Oost wordt vooral slib, afkomstig uit de haven zelf, gelost. Onder invloed van getijstromen en golfwerking wordt een gedeelte van dit sediment terug in suspensie gebracht en met het stromend water meegevoerd. De doelstelling van deze deelstudie, uitgevoerd onder MOBAG 2000, bestond erin dit sedimenttransport en de invloed van de losoperaties in kaart te brengen.

#### 5.1. Meetmethode

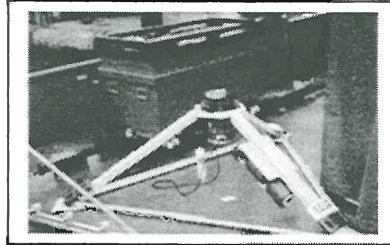
Sediment, gebaggerd in de haven van Zeebrugge en de vaarroutes naar deze haven, wordt gelost op de loswallen S1 en Zeebrugge Oost. Om de fysische invloed van deze losactiviteiten op de omgeving te evalueren werden per loswal twee meetcampagnes georganiseerd. Gedurende de eerste meetsessie werden de meetinstallaties op de hoeken van een omschrijvende rechthoek geplaatst met als doel zoveel mogelijk informatie te verzamelen in verband met de achtergrondturbiditeit en het stromingspatroon. Dit liet toe de optimale configuratie te bepalen voor de volgende meetsessie waarbij de registratie van de losactiviteiten en de bepaling van de bezinkingssnelheid van de sedimentpluim centraal stonden.

Tijdens de meetcampagnes werden twee verschillende meetconfiguraties gebruikt :

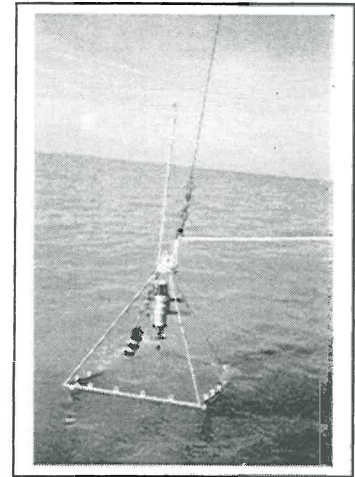


*bodemframe gebruikt bij de directe meting*

- de opstelling met oppervlakteboei voor directe meting met optische sensoren, gespreid over de waterkolom (links)
- de gecombineerde opstelling met optische sensoren (rechts) en doppler profielen (onder) voor indirecte meting



*bodemframes gebruikt bij de gecombineerde opstelling*



Optische sensoren sturen een bundel infrarood licht in de suspensie. De hoeveelheid licht, gereflecteerd op de fotocel, is afhankelijk van de grootte, de vorm, de kleur en de concentratie van het sediment in suspensie. De relatie tussen de gemeten lichtsterkte en het gehalte sediment in suspensie wordt bepaald door kalibratie van de sensor met sediment afkomstig uit het studiegebied.

Bij de gecombineerde meetopstelling worden de stroomsnelheden en de reflectie-intensiteiten gemeten met een doppler profiler en gelogd. De karakteristieken van toepassing op geluidsgolven die zich voortplanten in een vloeistof worden aangewend tijdens het verwerken. De metingen uitgevoerd met de optische sensoren worden als referentie gebruikt.

## 5.2. Resultaten

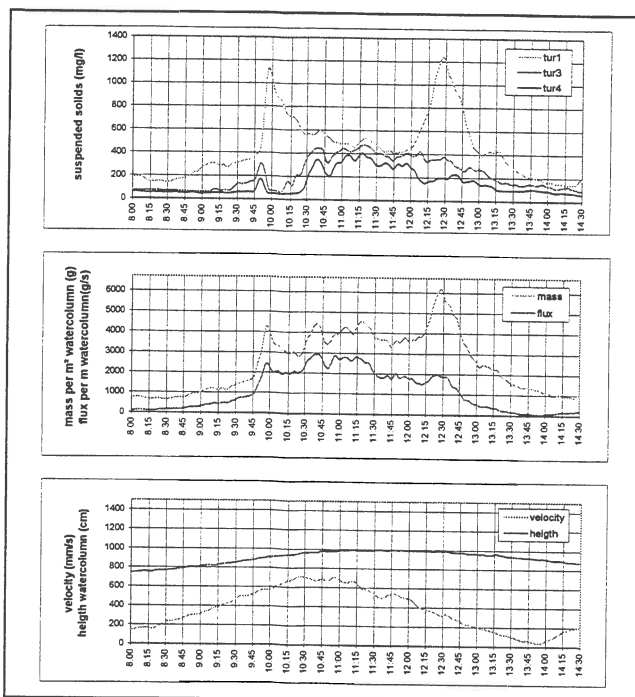
### *Achtergrond :*

De sterke getijstrooming ter hoogte van de loswallen heeft als logisch gevolg dat de achtergrondwaarden voor sediment in suspensie de getijcurve volgen. Aan de hand van een opname afkomstig van de loswal Zeebrugge Oost werd een typische cyclus geëvalueerd.

Beginnend bij stil tij na laag water stelden we volgende evolutie vast :

- Ter hoogte van de bodem vormt zich, onder een bovenlaag in ongehinderde bezinking, een colloïdaal mengsel. Zolang de stroomsnelheid beneden 0.15 m/s blijft gaat deze bezinking door.
- Een geringe toename van de stroomsnelheid brengt de niet-cohesieve laag terug in suspensie.
- Bij een stroomsnelheid van 0.50 m/s verbreekt de eroderende kracht van het water de cohesie van het colloïdale bodemsediment. Dit resulteert in een plotse concentratietoename (tot 1100 mg/l) ter hoogte van de onderste sensoren gevolgd door een sterke terugval. Deze terugval is niet het gevolg van sedimentatie maar wel van de dispersie van de deeltjes over de ganse waterkolom.

- De verdere toename van sediment in suspensie is getij-afhankelijk. Bij springtij erodeert het zeebed verder ten gevolge van de sterke stroming. Bij dood tij wordt slechts een geringe bijkomende toename vastgesteld.
- Na het bereiken van de maximale stroomsnelheid blijven de fijne deeltjes zich nog verder verspreiden over de waterkolom terwijl de grovere fracties terug beginnen te bezinken.
- De plotse toename ter hoogte van de onderste sensoren (tot 1200 mg/l), gemeten op het moment dat de stroomsnelheid terug tot 0.5 m/s gedaald is, wordt niet veroorzaakt door erosie maar wel door de combinatie van bezinking van deeltjes uit de bovenste lagen en de dalende stroomsnelheid.
- Na het bereiken van een maximum concentratie bij 0.3 m/s dalen de waarden op alle sensoren. Deeltjes bezinken en onder de laag in ongehinderde bezinking vormt zich terug een colloïdaal mengsel

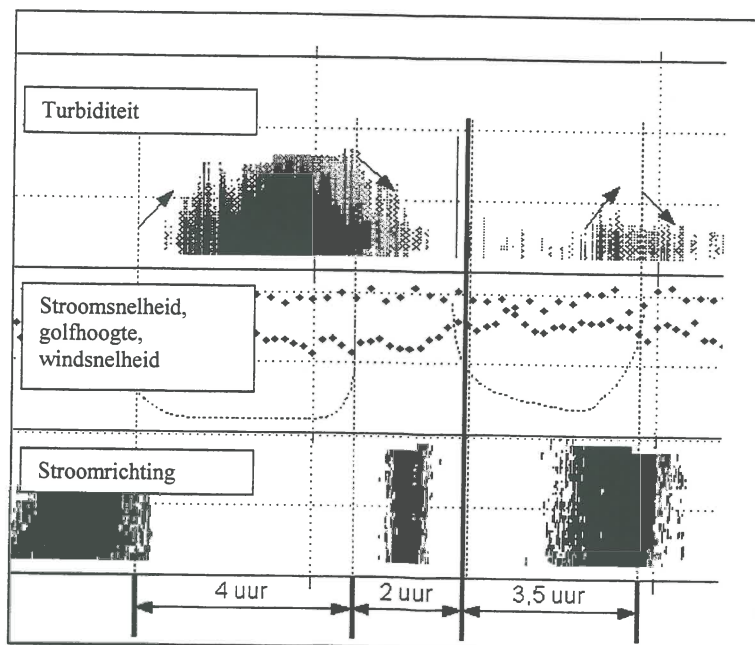


opname afkomstig van de loswal B&W Zeegrugge Oost  
 (met tur1 : onder; tur3 : midden; tur4 : bovenaan de waterkolom)

De meetcampagne losplaats Br & W S1, voor de periode 10-26/01/200

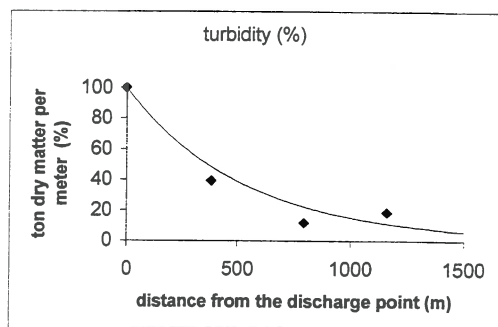
De stroomsnelheid- en stroomrichtinggegevens werden gebruikt bij de evaluatie van de mogelijke invloeden van de lossingen. Na de analyse van mogelijke turbiditeitanomalieën is gebleken dat, in dit geval, de losactiviteiten *niet te onderscheiden* zijn van de achtergrondturbiditeit. Hierdoor zou het aangewezen zijn om, op momenten van lage achtergrondturbiditeit en rekening houdend met de stroomrichting, specie te lossen dicht in de buurt van de meetopstelling waardoor deze activiteit duidelijk waarneembaar zou moeten zijn op de metingen en dienst kan doen als referentie.

Door de combinatie NDP en OBS is de verdeling van de achtergrondturbiditeit nauwkeurig waar te nemen (info over de gehele waterkolom verdeeld in cellen van 0,5m). Alle gemeten parameters (turbiditeit, getij, stroomsnelheid en -richting alsook conductiviteit, temperatuur en druk) verschaffen heel wat informatie over de interactie van het getij en de turbiditeit. Ook de meteogegevens (eveneens opgenomen in de dagrapporten) zijn hierbij van belang. In deze studie werden enkele vaststellingen geformuleerd betreffende cyclische processen, maar deze waren niet het hoofdonderwerp van dit rapport.



Voorbeeld dagrapport van de combinatie NDP en OBS. Deze figuren geven een gedetailleerde verdeling van de stroming en turbiditeit in de waterkolom. Bovenstaande gegevens zijn niet bekomen door interpolatie van enkele puntmetingen (enkel 'smoothing' van de figuur), maar geven voor elke hoogtecél van 0.5m de gemeten informatie.

#### Sedimentpluim bij losoperaties :



	discharge point	frame 2	frame 3	frame 4
distance (m)	0	385	794	1159
turbidity (TDM/m)	15.1	5.9	1.7	2.8
turbidity (%)	100.0	39.2	11.8	18.6

De grafiek hiernaast illustreert de invloedssfeer van de losoperaties.

Om de grafiek op te stellen werden de resultaten van 42 dumps gemiddeld. Tijdens de meetcampagne werden in totaal 135 ladingen gelost. Uiteraard werden enkel de dumps gedurende vloed geregistreerd. Bij een aantal lossingen was het onmogelijk de lospluim af te lijnen ten gevolge van de te hoge achtergrondconcentratie. Uitgaande van 100 procent sediment ter hoogte van de initiële losplaats werd het gemiddelde percentage sediment geregistreerd op de 3 meetlocaties in de grafiek uitgezet.

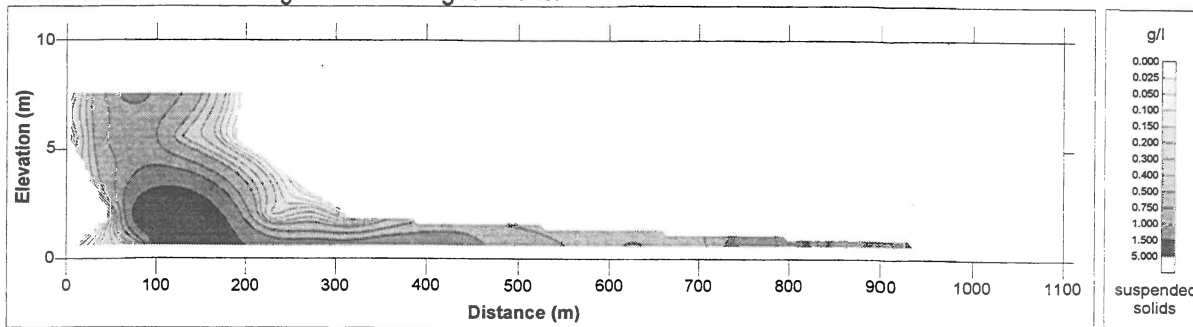
#### invloedsfeer van de losoperaties

De invloedssfeer bedraagt ongeveer 1.5 km (het sedimentgehalte is dan afgenomen tot 5 % van de initiële waarde).

De onderstaande grafiek visualiseert de sedimentpluim, gecorrigeerd voor de achtergrondwaarden, en bevestigt de stelling omtrent het bestaan van een verticale dichtheidstroom van gelost materiaal en het daaropvolgend transport van een fractie fijn materiaal in een wolk dicht bij de bodem. De bovenste sensoren meten een



concentratieverhoging gedurende slechts 3 minuten. Nabij de bodem duurt het 25 tot 30 minuten vooraleer de concentratie tot de achtergrondwaarden gedaald is.



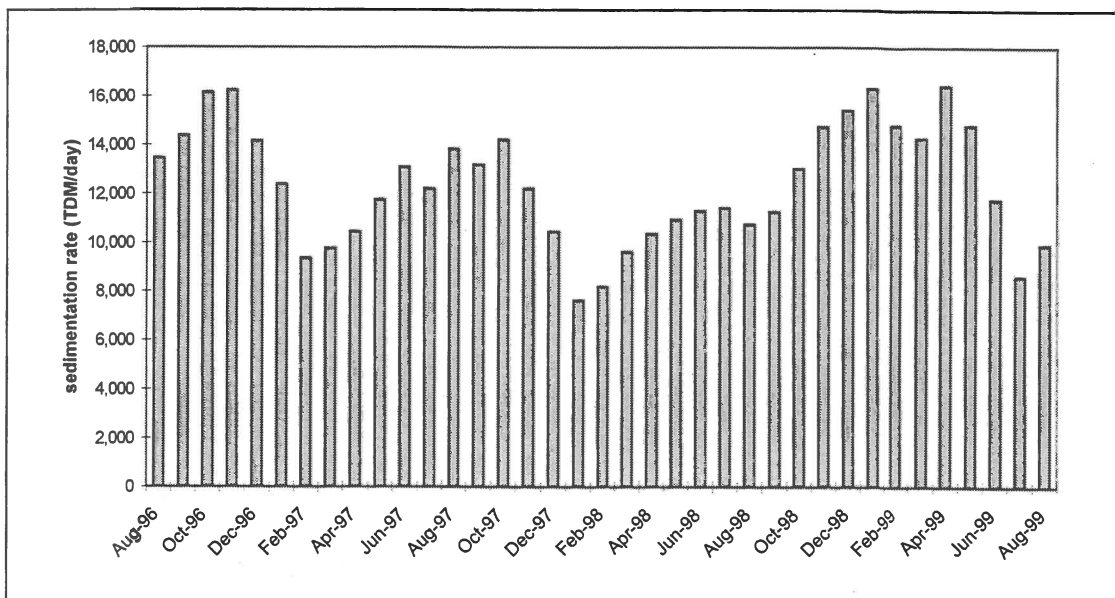
visualisatie van de sedimentpluim veroorzaakt bij het lossen van baggerspecie

#### Bodemsediment :

Het sediment is ter hoogte van de losplaats onderhevig aan de getijstrooming. Het bodemtransport en het uitwassen van de fijne fractie werd bepaald door de granulometrie uit te zetten in functie van de afstand tot de losplaats. De korrelgrootte van het bodemsediment daalt voor de stalen genomen tot op een afstand van 1700 m van de loslocatie. Verderop zijn de bodemstalen terug gelijkaardig van samenstelling en bevatten ze voornamelijk siltig zand.

### 5. RELATIE TUSSEN DE HYDRO-METEO EN DE SEDIMENTATIE IN DE HAVEN VAN ZEEBRUGGE

Op regelmatige tijdstippen worden er in de Haven van Zeebrugge metingen uitgevoerd teneinde de sedimenthoeveelheid, uitgedrukt in TDS (Tonnen Droge Stof), te bepalen ten opzichte van een aantal referentieniveaus. Deze berekende sedimenthoeveelheden worden gebruikt voor het opstellen van een sedimentbalans die een nuttige indicatie verschaft over de hoeveelheden slib die maandelijks in de haven van Zeebrugge sedimenteren. De sedimentbalans kan weergegeven worden in histogramvorm.



sedimentbalans in het CDNB

De hoeveelheden slib die in de haven van Zeebrugge sedimenteren variëren in de tijd. De waargenomen variatie is echter te complex om bijvoorbeeld minima en maxima hoeveelheden te correleren met een specifieke maand. De variaties vinden hoogst waarschijnlijk hun oorsprong in een combinatie van bepaalde hydrografische (stroming, golven) en meteorologische (wind) factoren die de aanvoer van het suspensiemateriaal bevorderen of verhinderen.

In het kader van het MOBAG 2000 project werd nagegaan indien dergelijke correlaties bestaan. Hiervoor werd een correlatieanalyse uitgevoerd tussen de sedimentatiehoeveelheden van 37 perioden (tussen augustus 1996 en augustus 1999) en de hydro-meteorologische data, gemeten tijdens deze perioden.

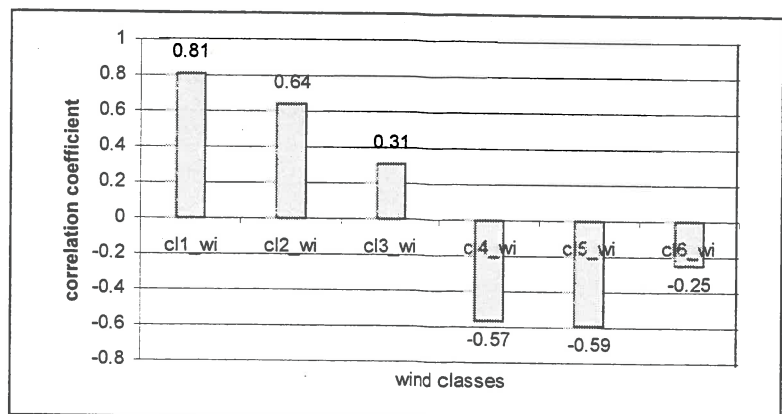
Het bestaan van verbanden tussen sedimentatie en hydro-meteo omstandigheden werd in eerste instantie nagegaan met behulp van Pearson correlatiecoëfficiënten die berekend werden tussen gemiddelde waarden van hydro-meteo parameters (bijvoorbeeld gemiddelde windsnelheid, gemiddelde golfhoogte) en de hoeveelheden sedimentatie per periode. De bekomen correlatiecoëfficiënten waren echter allen zeer laag en niet significant wat leek te wijzen op het ontbreken van een significant verband tussen sedimentatie en externe factoren. De slechte resultaten zijn echter het resultaat van het feit dat het niet mogelijk is om de hydro-meteo evolutie van een maand voor te stellen met behulp van één enkele waarde. Het voorkomen van een korte maar hevige storm bijvoorbeeld komt immers niet tot uiting in de gemiddelde golfhoogte daar deze gemiddelde waarde hoofdzakelijk bepaald zal worden door de lagere golfhoogtewaarden die tijdens de rest van de maand domineren. Bovendien kunnen richtingsparameters niet zo maar gemiddeld worden waardoor een verschillende verwerkingsmethode gebruikt moet worden.

De hydro-meteo data van elke periode werd opgedeeld in 16 richtingsklassen en vier tot zes grootteklassen. De uiteindelijke parameters, te gebruiken in de correlatie analyse, werden bekomen door een aantal sommaties te maken : de voorkomensfrequentie van de 16 richtingen zonder onderscheid te maken tussen de verschillende grootteordes en de klassen van de grootteordes zonder onderscheid te maken tussen de verschillende richtingen.

Met behulp van een correlatieanalyse en van Principaal Component Analyse op de gesommeerde data konden de volgende relaties tussen de hydro-meteo factoren en de sedimentatiehoeveelheid achterhaald worden :

- voor de wind : de sedimentatie in het CDNB is omgekeerd evenredig met de windsnelheid (bij lage windsnelheden grijpt een uitgesproken sedimentatie plaats en bij hoge windsnelheden vermindert het sedimentatieproces) ; de sedimentatie van gesuspendeerd materiaal treedt preferentieel op wanneer

zeewinden (NO tot NW) domineren; de sedimentatie is het sterkst gecorreleerd met zwakke winden uit de N-NNW richting (deze blazen immers evenwijdig aan de as van het CDNB waardoor de aanvoer van gesuspendeerd materiaal in de haven bevorderd wordt.

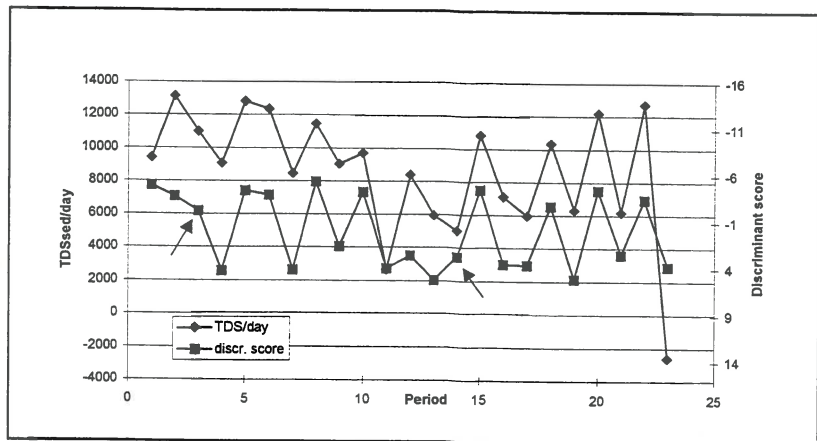


correlatiecoëfficiënten tussen de sedimentatiehoeveelheden en de windsnelheid

- Voor de golven : het suspensiemateriaal zet zich maximaal af in het CDNB op het ogenblik dat de golven afkomstig zijn uit het NNW (golven uit deze richting zijn, net als de wind, gealigneerd met de as van het CDNB waardoor de aanbreng van gesuspendeerd sediment het minst verhinderd wordt) en de sedimentatie domineert bovendien bij de categorie van laagste golfhoogte; de sedimentatie vermindert bij het voorkomen van hogere golven en negatieve correlaties komen voor met de overige golfrichtingen.
- Voor de stroming : de sedimentatiehoeveelheid is in eerste instantie het sterkst gecorreleerd met de stroming uit het ZZW-ZW, overeenkomend met de vloedrichting, en in iets mindere mate, met de stroming uit NO-ONO, overeenkomend met de ebstroom; de stroming is verantwoordelijk voor de aanvoer van het sediment in suspensie naar de haven toe.

Een discriminantenanalyse, die nagenoeg uitsluitend op winddata steunt, werd uitgevoerd teneinde na te gaan indien de verschillen in hydro-meteo die heersen tijdens perioden van hoge versus lage sedimentatie, voldoende groot zijn om beide perioden van elkaar te onderscheiden. Hiervoor werden de perioden ingedeeld in twee klassen : één klasse gekenmerkt door een lage sedimentatie (<9100 TDS/dag) en één klasse gekenmerkt door een hoge sedimentatie (>9100 TDS/dag). Met behulp van de discriminantfunctie werd de probabiliteit berekend dat een periode tot één van beide klassen behoort. De predictie van de klasse was correct voor alle 23 perioden die hiervoor gebruikt werden.

De discriminantfunctie benadert voldoende goed het sedimentatiegedrag in het CDNB opdat de trend van de sedimentbalans (verhoging of verlaging ten opzichte van de vorige periode) nagenoeg volledig overeen komt met de trend van de discriminantscores.



*relatie tussen de discriminantscore en sedimentatie*

Een correcte kwantitatieve voorspelling van de sedimentatiehoeveelheid op basis van de windgegevens is echter op dit ogenblik nog niet mogelijk daar het verschil tussen gemeten en voorspelde sedimentatiehoeveelheid nog enkele duizenden TDS/dag kan bedragen.

## 7. MOBILISATIE VAN MICROPOLLUENTEN TIJDENS HET BAGGEREN MET EEN SLEEPHOPPERZUIGER

De doelstelling van de studie met de 'groene pijp' (of recirculatiepijp) en de 'milieuklep' bestond erin de mobiliteit van anorganische (vnl. metalen) en organische polluenten (PCB's, PAK's etc) en nutriënten (stikstof, fosfor etc.) ten gevolge van het opbaggeren van baggerspecie met een sleeppopperzuiger na te gaan. Aan de hand van bovenstaande parameters werd de ecologische impact van twee verschillende milieuvriendelijke baggertechnieken vergeleken.

## 7.1. Baggertechnieken

In deze studie werden de volgende baggertechnieken vergeleken :

- De sleepopperzuiger uitgerust met standaard zuigbuizen en een **milieuklep** in het overvloeikanaal. Deze milieuklep smoort de stroming van het overvloeewater waardoor het niveau in de overloop stijgt en de valhoogte van het overvloeewater vermindert. De turbiditeit rond en naast het schip zal hierdoor dalen en de verspreiding van de eventueel met polluenten beladen deeltjes wordt beperkt.
- Baggeren met de '**groene pijp**' (**recirculatiepijp**) : wanneer zand/slib mengsels worden gebaggerd dan stroomt de slibfractie met het overvloeewater overboord. Aangezien de polluenten zich voornamelijk concentreren in de fijne fractie zullen deze zich over een groot oppervlak verspreiden. Om dit te vermijden wordt bij het gebruik van de 'groene pijp' het overvloeewater volledig opgevangen en door middel van de stuurboord baggerpomp terug naar de sleepkop geperst en als proceswater hergebruikt.

## 7.2. Werkmethode

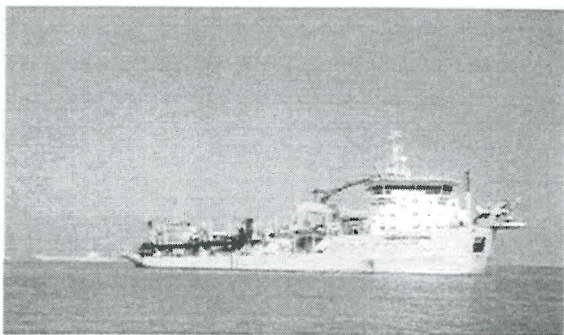
Om een goede visie te krijgen omtrent de mobiliteit van polluenten tijdens de verschillende fasen van het baggerproces werden de volgende stalen genomen : in-situ stalen en stalen aan boord van de sleepopperzuiger (beun, overvloed, net voor het dumpen).

Om de mobiliteit van de polluenten te evalueren tussen de verschillende baggerfasen werden de volgende parameters bepaald : fysisch-chemische parameters zoals de redox, pH, droge stof, dichtheid, organisch materiaal, carbonaten en de granulometrie; nutriënten (fosfor, Kjeldahl stikstof en ammonium stikstof); natuurlijke en zware metalen (Mn, Fe, Al, Cu, Hg, Cd, Pb, Zn, As, Cr en Ni) en organische polluenten (PAK's).

Poriewateranalyses van de zware metalen werden uitgevoerd en additioneel werd de speciatie van arseen ( $As^{5+}$  en  $As^{3+}$ ) nader bekeken. De volgende parameters werden op het poriewater bepaald : Eh, Ph, geleidbaarheid, Kjeldahl stikstof en ammonium stikstof, totaal fosfor, chloride en sulfaat.

Verder werden de distributievoëfficiënten (Kd-faktor) voor de verschillende contaminanten berekend.

Ten laatste werden sequentiële extracties uitgevoerd voor de 11 metalen, waarbij de 'BCR- 3 stap' procedure werd gevolgd (EUR 17554 EN, 1997).



*sleepopperzuiger 'Cristoforo Colombo' tijdens  
onderhoudsbaggerwerken te Zeebrugge*

## 7.3. Resultaten

Zoals werd verwacht is er weinig variatie in de totaal concentraties van de polluenten. De veranderingen in mobiliteit zal eerder blijken uit verschuivingen tussen fracties bij de sequentiële extracties en in concentratieveranderingen in het poriewater.



- Inschatting van de mobiliteit van pollutanten aan de hand van poriewater analyses :
  - Ammoniumstikstof daalt bij het baggeren in vergelijking met de in-situ sedimenten, met uitzondering van de stalen net voor het dumpen bij het baggeren met de recirculatiepijp. De zelfde evolutie werd geobserveerd voor Kjeldahl stikstof.
  - As en Zn concentraties in het poriewater hebben een neiging te stijgen tijdens het baggeren met de recirculatiepijp. Bij de milieuklep is de evolutie niet duidelijk.
  - Ni, Cu, Cd en Hg vertonen geen significante variatie tijdens het baggeren behalve voor Ni waar een lichte stijging is waargenomen. De concentraties in het poriewater zijn overwegend laag (Ni, Cu) of zeer laag (Cd, Hg).
  - Mn en Fe concentraties in het poriewater zijn van nature uit hoog. Hoewel tijdens het baggeren ijzer stijgt is er geen evolutie voor mangaan waargenomen. De aluminium concentratie in het poriewater is veel lager en stijgt lichtjes bij de recirculatiepijp.
- Inschatting van de mobiliteit aan de hand van de distributiecoëfficiënt ( $K_d$ ) :
  - Wanneer de distributiecoëfficiënten van de in-situ sedimenten worden vergeleken met deze tijdens het baggeren kunnen we besluiten dat de mobiliteit stijgt tijdens het baggeren. De stijging is echter relatief klein en hangt af van het beschouwde metaal en de baggertechniek die wordt beschouwd.
- Inschatting van de mobiliteit aan de hand van sequentiële extracties :
  - De verschuiving naar meer of minder mobiele fracties verschilt al naargelang het metaal. Er dient echter worden opgemerkt dat de geobserveerde verschuivingen allemaal zeer klein zijn, namelijk in de orde van een paar percent.

#### 7.4. Besluiten

De mobiliteit van metalen verhoogt ten gevolge van het baggerproces. Bij de groene pijp is die verhoging meer uitgesproken dan bij de milieuklep op het niveau van de te lossen baggerspecie in het beun. Bij het baggeren met de groene pijp komt echter (bijna) geen overvloed in de omringende waterkolom terecht zodat deze techniek globaal een minder verhoogde mobiliteit veroorzaakt dan de milieuklep. Er dient opgemerkt te worden dat de verhoogde mobiliteit ten gevolge van het baggeren, in absolute cijfers uitgedrukt, gering is.

## 8. ECOTOXICOLOGISCHE EVALUATIE OP PELAGISCHE ORGANISMEN VAN DE TURBIDITEIT VEROORZAAKT DOOR BAGGERACTIVITEITEN

### 8.1. Inleiding

Baggeractiviteiten kunnen een belangrijke invloed uitoefenen op het aquatische ecosysteem en dit zowel op de site waar gebaggerd wordt alsook op de loswal. Alhoewel baggeren noodzakelijk is voor het behoud van de vaarfuncties van rivieren, kanalen en havens moet er naar gestreefd worden de impact van deze activiteiten tot een minimum te beperken om aldus te komen tot een duurzaam baggerbeleid. De grootste bezorgdheid voor het milieu houdt verband met de aanwezigheid van contaminanten in de baggerspecie. Ten gevolge van veranderingen in de fysisch-chemische omstandigheden (vb. oxidatie) kunnen deze contaminanten opnieuw geremobiliseerd worden in de waterkolom. Maar zelfs in afwezigheid van contaminanten kunnen baggerwerken negatieve effecten uitlokken onder de vorm van een fysieke verstoring. Voorbeelden van deze fysische effecten zijn zuurstof depletie, overschrijding van de granulometrische randvoorwaarden (in het geval de korrelgrootte



verschillend is van het sediment aanwezig op de loswal), verstikking van organismen die er niet in slagen terug naar de oppervlakte te migreren na depositie en verhoogde turbiditeit in de waterkolom. Een verhoogde sedimentconcentratie in de waterkolom kan een negatief effect hebben op de fytoplanktonpopulatie door beschaduwing of kan aanleiding geven tot beschadiging van de kieuwen van vissen door het schuren en/of adsorptie op het kieuwoppervlak.

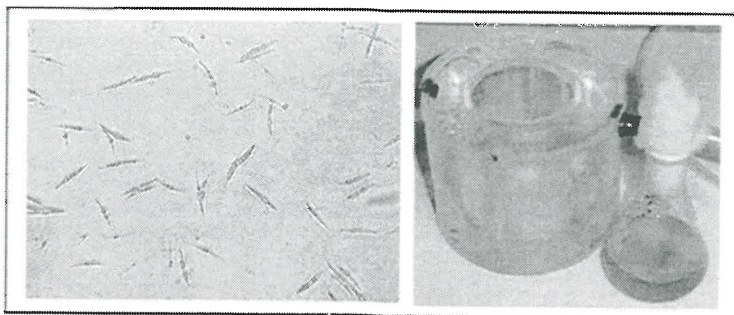
Enkel een beperkt aantal studies hebben de effecten van verhoogde turbiditeitsniveaus op aquatische organismen onderzocht. Vislarven en juveniele vissen die werden blootgesteld aan gesuspendeerd niet gecontamineerd sediment vertoonden een verminderde groei, verstoorde voeding en een verhoogde mortaliteit. De huidige studie is vooral gericht op de evaluatie van de fysische effecten van gesuspendeerd sediment op pelagische organismen aan milieurelevante concentraties.

## 8.2. Experimentele opzet

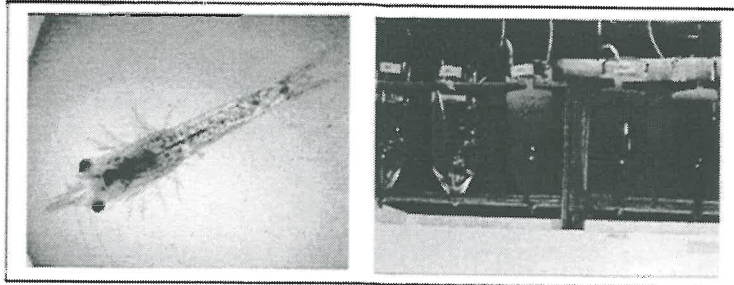
Sedimentstalen afkomstig van het Centraal Deel Nieuwe Buitenhaven (haven van Zeebrugge) werden in april 2000 verzameld met behulp van een Van Veen grijper. Het sediment werd getransporteerd in 10 l HDPE emmers en bewaard bij 4 °C tot aanvang van de ecotoxiciteitstesten. De sedimenten werden vooraf gezeefd over 2 mm en 1 mm om grof materiaal te verwijderen.

Voor de ecotoxicologische opvolging werd gebruik gemaakt van een testbatterij met testorganismen representatief voor verschillende trofische niveaus. Een overzicht van de testorganismen en testmethodes wordt gegeven in de tabel. Sediment suspensie testen werden gelijktijdig uitgevoerd met de aasgarnaal *Americamysis bahia* (5 dagen oude juvenielen), de alg *Phaeodactylum tricomutum* en de zeebaars *Dicentrarchus labrax*.

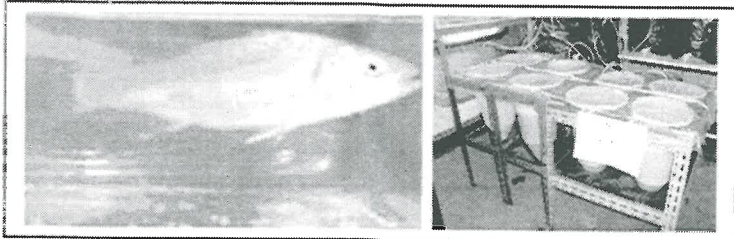
Elutriaatproeven werden eveneens uitgevoerd met de hierboven vermelde testorganismen. Bijkomend werd op het elutriaat een test uitgevoerd met de mariene copepode *Tisbe battagliai*. Het elutriaat werd bereid door ongeveer 1 l gehomogeniseerd sediment te combineren met zeewater in een sediment/water ratio van 1:4. Na een 24h stabilisatieperiode werd het supernatans gebruikt voor de testen. Elutriaatproeven werden algemeen uitgevoerd aan de hand van een ½ verdunningsreeks met het respectievelijk verdunningswater zoals gespecificeerd in de verschillende testprotocollen. De 48h acute test met *T. battagliai* werd uitgevoerd volgens de



opstelling van de turbiditeitsexperimenten met de alg *P. tricomutum*



opstelling van de turbiditeitsexperimenten met de aasgarnaal *A. bahia*



opstelling van de turbiditeitsexperimenten met de zeebaars *D. labrax*

ISO richtlijn 4669 (ISO, 1999). De 72h algen-groei inhibitie test met *P. tricornutum* werd uitgevoerd volgens de ISO richtlijn ISO/DIS 10253 (1991). De 96h vistest (met *D. labrax*) protocol is een aanpassing van de procedure zoals beschreven door Coutteau et al (1995). De 96h test met de aasgarnaal *A. bahia* werd uitgevoerd volgens het protocol beschreven door het "Environmental Protection Agency" (US EPA, 1985). Een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte testmethodologieën kan teruggevonden worden in de respectievelijke referenties.

Sediment suspensie testen werden uitgevoerd met nominale sediment concentraties variërend van 0.1 tot 10 g/l. Sediment suspensies werden aangemaakt door de sedimenten te zeven tot op 150 µm en dan de benodigde hoeveelheid sediment over te brengen in de respectievelijke recipiënten.

Na een 24h stabilisatieperiode werden de testorganismen in het sediment-water systeem geïntroduceerd. In de 7 dagen turbiditeitsexperimenten met de aasgarnaal *A. bahia* werden 1 l cilindro-conische testrecipiënten gebruikt als blootstellingkamers. In de 14d turbiditeitsexperimenten met de zeebaars *D. Labrax* werden 7 l containers gebruikt. De sedimenten werden voortdurend in suspensie gehouden door middel van een "airlift" systeem.

Preliminare testen toonden aan dat het kleven van sedimentpartikels aan de wanden van de testrecipiënten resulteerde in een progressieve afname van de turbiditeit. Daarom werd geopteerd de testoplossingen dagelijks te vernieuwen. Vijf dagen oude juveniele aasgamalen (*A. bahia*) waren afkomstig van eigen culturen. De juveniele zeebaarzen (40 dagen) werden aangekocht op een visfarm in Frankrijk. Alle experimenten bestonden uit 8 testconcentraties.

Drie replica's per concentratie voor *A. bahia* en twee replica's voor de zeebaarsexperimenten. Elke replica werd op zijn beurt gevuld met respectievelijk 10 aasgamalen of 5 vissen. Vernieuwing van het testmedium in de *A. bahia* testen bedroeg 0.5 volume per beker per dag en werd bekomen door het gebruik van een peristaltische pomp. De testoplossingen bij de zeebaars experimenten werd om de twee dagen manueel ververs. Alle testorganismen werden "ad libitum" gevoederd met aangerijkte artemia nauplii. Dagelijks werd het resterende voedsel, fecaliën en dode organismen verwijderd en de mortaliteit genoteerd. Op het einde van de blootstellingperiode werd het aantal overlevende organismen, het drooggewicht en bij *A. bahia* eveneens de seksuele maturiteit bepaald. Tijdens het verloop van de experimenten werden eveneens waterstalen genomen en geanalyseerd voor metalen en nutriënten.

Soort	Duur	Eindpunt
Elutriaat testen		
Test met algen: <b>Phaeodactylum tricornutum</b>	72h	Groei
Test met kreeftachtigen: <b>Americamysis bahia</b>	96h	Mortaliteit
<b>Tisbe battagliai</b>	48h	Mortaliteit
Test met vissen: <b>Dicentrarchus labrax</b>	96h	Mortaliteit
Turbiditeitsexperimenten		
Test met algen: <b>Phaeodactylum tricornutum</b>	7d	Groei
Test met kreeftachtigen: <b>Americamysis bahia</b>	7d	Mortaliteit/groei en seksuele maturiteit
Test met vissen: <b>Dicentrarchus labrax</b>	14d	Mortaliteit/groei

overzicht van de gebruikte ecotoxiciteitstesten in deze studie

De turbiditeitsexperimenten met de alg *P. tricornutum* werden uitgevoerd volgens twee testmethodes. In de eerste methode worden de algen rechtstreeks blootgesteld aan de sediment suspensie gedurende 7 dagen. De celdensiteit werd dagelijks gemeten met behulp van een Sedgewick Rafter telkamer. In een tweede experiment werden de algen indirect blootgesteld aan de sediment suspensie door het gebruik van een dubbelwandig recipiënt met een binnenkamer met 25 ml algensuspensie en een buitenkamer gevuld met de sedimentsuspensie. De sedimenten werden continue in suspensie gehouden met behulp van een schudtoestel.

### 8.3. Resultaten

Het elutriaat was niet toxisch voor alle geteste organismen. In de turbiditeitsexperimenten (blootstellingconcentraties: 0.5-10 g/l) met de zeebaars *D. Labrax* werd gedurende de volledige 14 d blootstellingperiode geen significant verhoogde mortaliteit waargenomen. De overleving, groei en seksuele maturiteit werden als eindpunten geanalyseerd in de 7 dagen sediment suspensie experimenten met de aasgarnaal *A. bahia*. De overleving in de verschillende blootstellingkamers waren niet statistisch ( $p < 0,05$ ) verschillend van de controle. Er werd zelfs een positief effect waargenomen op de groei (gemeten als drooggewicht) en seksuele maturiteit bij de hogere sedimentbelastingen. Dit effect is waarschijnlijk toe te schrijven aan het feit dat de sedimentpartikels een bijkomende voedselbron vormt voor de aasgarnaal die eveneens een detritus-eter is.

De groei van de algen werd negatief beïnvloed door de aanwezigheid van verhoogde sedimentconcentraties in het groeimedium. De groei-inhibitie trad op vanaf een concentratie van 0.3 g/l (27 % afname). Een duidelijke afname (69 %) in de populatiegroei van de alg *P. tricornutum* werd waargenomen vanaf 0.5 g/l. Een volledige groei-inhibitie werd waargenomen bij concentraties hoger dan 1,5 g/l. Verschillende mechanismen kunnen aan de basis liggen van de waargenomen negatieve effecten zoals remobilisatie van contaminanten, schuurstress of beschaduwing. De chemische analyses toonden aan dat de concentraties aan metalen en nutriënten niet hoger lagen dan bij de controle. De indirecte invloed van beschaduwing werd onderzocht aan de hand van dubbelwandige recipiënten. Deze experimenten toonden aan dat de groei-inhibitie bij lagere sedimentconcentraties in de directe blootstellingmethode voornamelijk te wijten is aan schuurstress en dat beschaduwing een belangrijke rol begint te spelen vanaf sedimentconcentraties boven 1g/l (een lichtreductie van 50 % werd waargenomen bij een concentratie van 1g/l).

### 8.4. Besluiten

Een verhoogde turbiditeit is niet alleen het resultaat van baggeractiviteiten maar is ook het gevolg van stormen en natuurlijke getijwerking. Het is dan ook interessant de relatieve bijdrage van de baggeractiviteiten aan de natuurlijke achtergrondturbiditeit te kunnen kwantificeren om zo de surplus impact van baggeractiviteiten te kunnen inschatten. Op basis van de resultaten van deze studie kan besloten worden dat het onwaarschijnlijk is dat de verhoogde turbiditeit ten gevolge van baggeractiviteiten negatieve effecten zal veroorzaken op de overleving van juveniele vis en aasgarnalen. Immers deze activiteiten zijn intermitterend van karakter waarbij periodes van verhoogde turbiditeit worden waargenomen over korte tijdsintervallen terwijl in deze studie enkel een "worst-case" scenario (continue blootstelling) werd beschouwd.

Metingen van het verticaal turbiditeitsprofiel op loswallen en ter hoogte van baggeractiviteiten toonden aan dat in de bovenste waterlaag (0-2.5 m) de gesuspendeerde sedimentconcentraties in het algemeen beneden 0.5 g/l zijn. Er kan dan ook geconcludeerd worden dat de effecten op de algenpopulatie beperkt zullen blijven.



## PROJECT ZANDWINNINGEN: MONITORING VAN DE IMPACT VAN DE ZANDWINNINGEN OP DE MORFOLOGIE VAN DE BANKEN.

Koen Degrendele, Marc Roche & Patrik Schotte

Ministerie van Economische Zaken, Fonds Zandwinningen.

Koning Albert II-laan 16, 1000 Brussel. Tel.: 02/206 48 10, Fax: 02/206 57 52.

E-mail: [bernard.gonsette@mineco.fgov.be](mailto:bernard.gonsette@mineco.fgov.be)

Het Ministerie van Economische Zaken is in het kader van de wet van 13 juni 1969 belast met de activiteiten in verband met zand- en grindexploitatie binnen de Belgische zeegebieden. Het KB van 16 mei 1977 beperkt deze ontginningen tot 2 gebieden waarbinnen concessies worden verleend (figuur 1). Zone 1 omvat de Kwintebank, Buiten Ratel en Oostdyck, zone 2 de Thorntonbank. Ingevolge de wet van 13 juni 1969, en door het continue karakter en de omvang van de ontginning van mariene aggregaten (1.9 miljoen m<sup>3</sup> in 2001) is een permanente studie van de gevolgen hiervan op het mariene milieu noodzakelijk. Tot 1998 werd dit onderzoek steeds uitgevoerd via studies uitgeschreven aan universiteiten, maar vanaf eind 1998 voert het Fonds voor Zandwinningen van het Ministerie van Economische Zaken dit onderzoek ook zelf uit met eigen middelen.

Het Fonds heeft als taken:

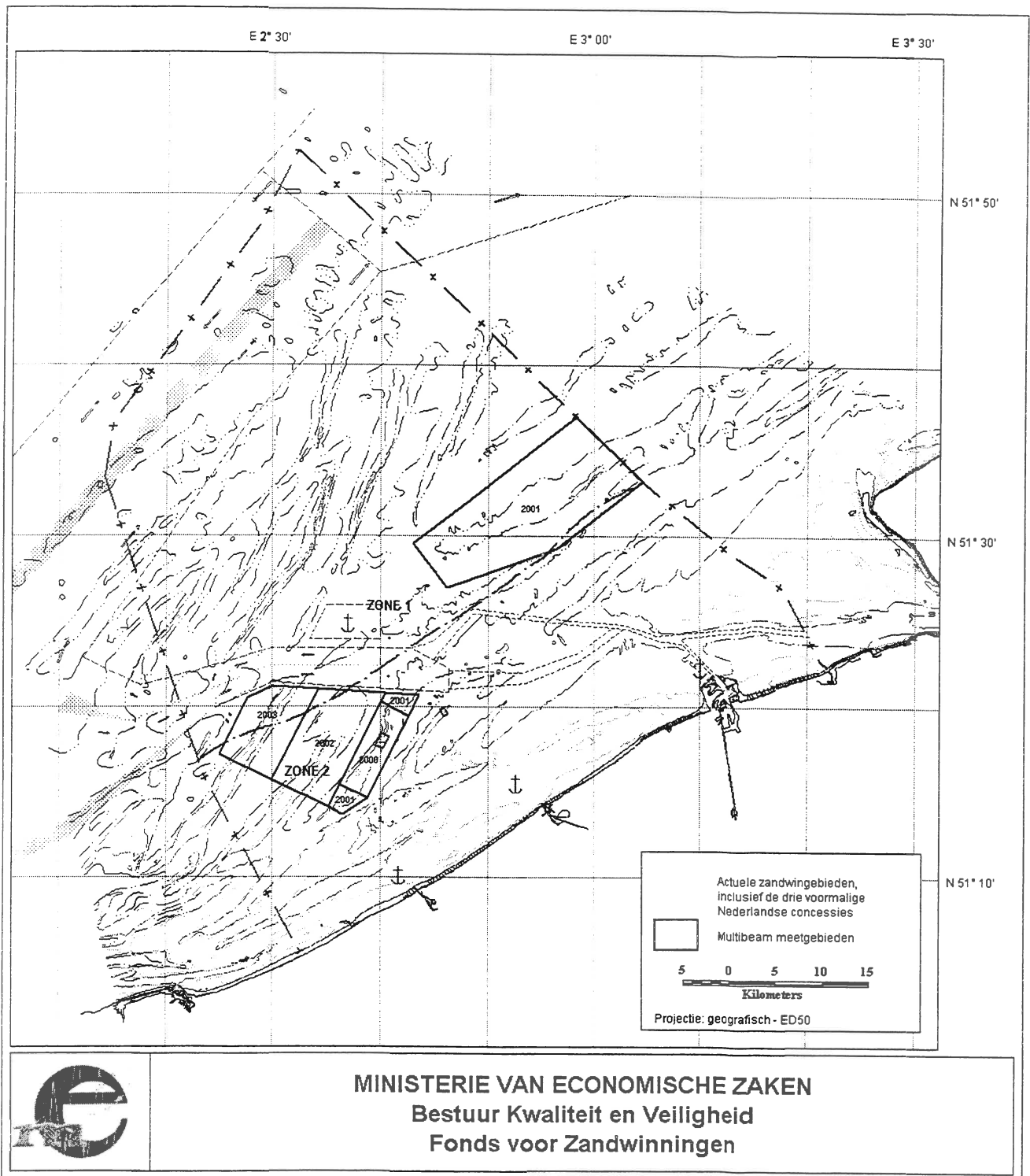
- Toezicht op de exploratie en exploitatie van minerale en andere niet-levende rijkdommen van het Belgische Continentaal Plat (zand- en grintontginningen), beheer van de toegekende concessies.
- Onderzoek naar de effecten en mogelijke gevolgen van deze exploratie en exploitatie.

Om deze taken te verwezenlijken werden verscheidene specialisten aangeworven, werkt het Fonds samen met meerdere universitaire instellingen (UG, VUB en UMH) en werd in 1999 de aankoop van een multibeam echosounder en de noodzakelijke verwerkingseenheden goedgekeurd.

Het onderzoek gebeurt op drie verschillende gebieden:

- Monitoring van het biotisch milieu (in samenwerking met UMH), door karakterisatie en quantificatie van echinodermen.
- Monitoring van het abiotisch milieu (in samenwerking met VUB), onderzoek naar zware metalen, pollutanten en nutriënten, studie van het sedimenttransport.
- Monitoring van de zandbanken op basis van multibeam gegevens en granulometrie, geologische en geomorfologische kartering (in samenwerking met UG).

Om de evolutie van de morfologie van de zandbanken binnen de zandwinningszones te bestuderen maken we gebruik van een Kongsberg Simrad EM1002S multibeam echosounder, geïnstalleerd aan boord van het onderzoeksschip Belgica. De opgenomen gegevens worden gecorrigeerd, gereduceerd voor het getij, gefilterd en vervolgens gemodelleerd en gekarteerd. Op dit ogenblik zijn de Kwintebank en Thorntonbank reeds opgemeten en wordt de kartering van de volledige Kwintebank afgewerkt. De metingen op de Buiten Ratel zijn gepland in 2002, de metingen op de Oostdyck in 2003 (figuur 1). Op langere termijn voorzien we de kartering van mogelijke toekomstige ontginningsgebieden.



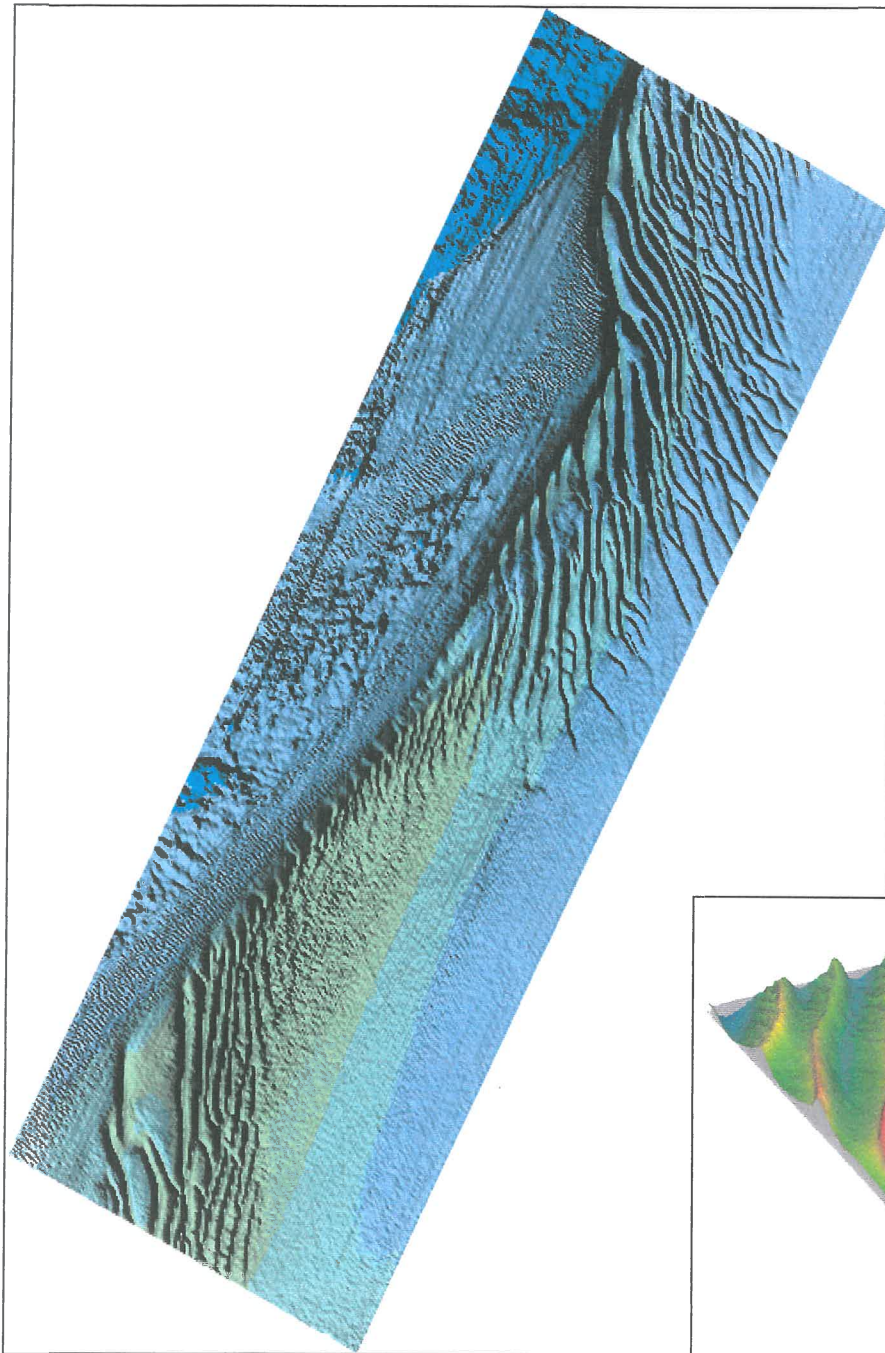
Figuur 1: Zandwinningsgebieden en planning multibeam opnames op het Belgisch continentaal plat.



Op basis van de multibeam opnames construeren we topografische en geomorfologische kaarten (figuur 3) en berekenen we volumes t.o.v. verschillende referentieniveau's (figuur 4).

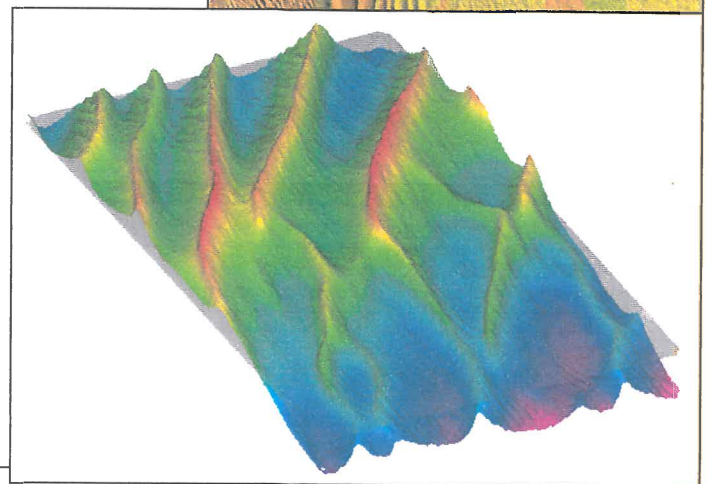
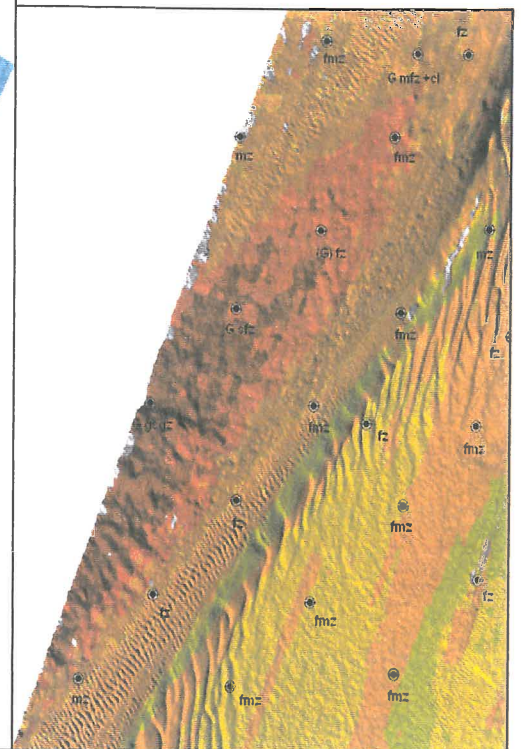
De verschillende banken worden ook volledig oppervlakkig bemonsterd (met een Van Veen grieper). De resultaten van de granulometrische analyses van deze monsters worden eveneens gekarteerd. Daarnaast onderzoeken we het gebruik van de akoestische backscattering van de multibeam echosounder voor de klassificatie van de zeebodem (figuur 2). Hiervoor is een kalibratie met monsternames in situ noodzakelijk.

De combinatie van deze geologische en geomorfologische gegevens vormen de basis om de gevolgen van de zandwinningen te bestuderen.



Figuur 3: Bathymetrie en geomorfologie van de Kwintebank

Figuur 2: Akoestische klassificatie van de zeebodem, gekalibreerd met monsternamen



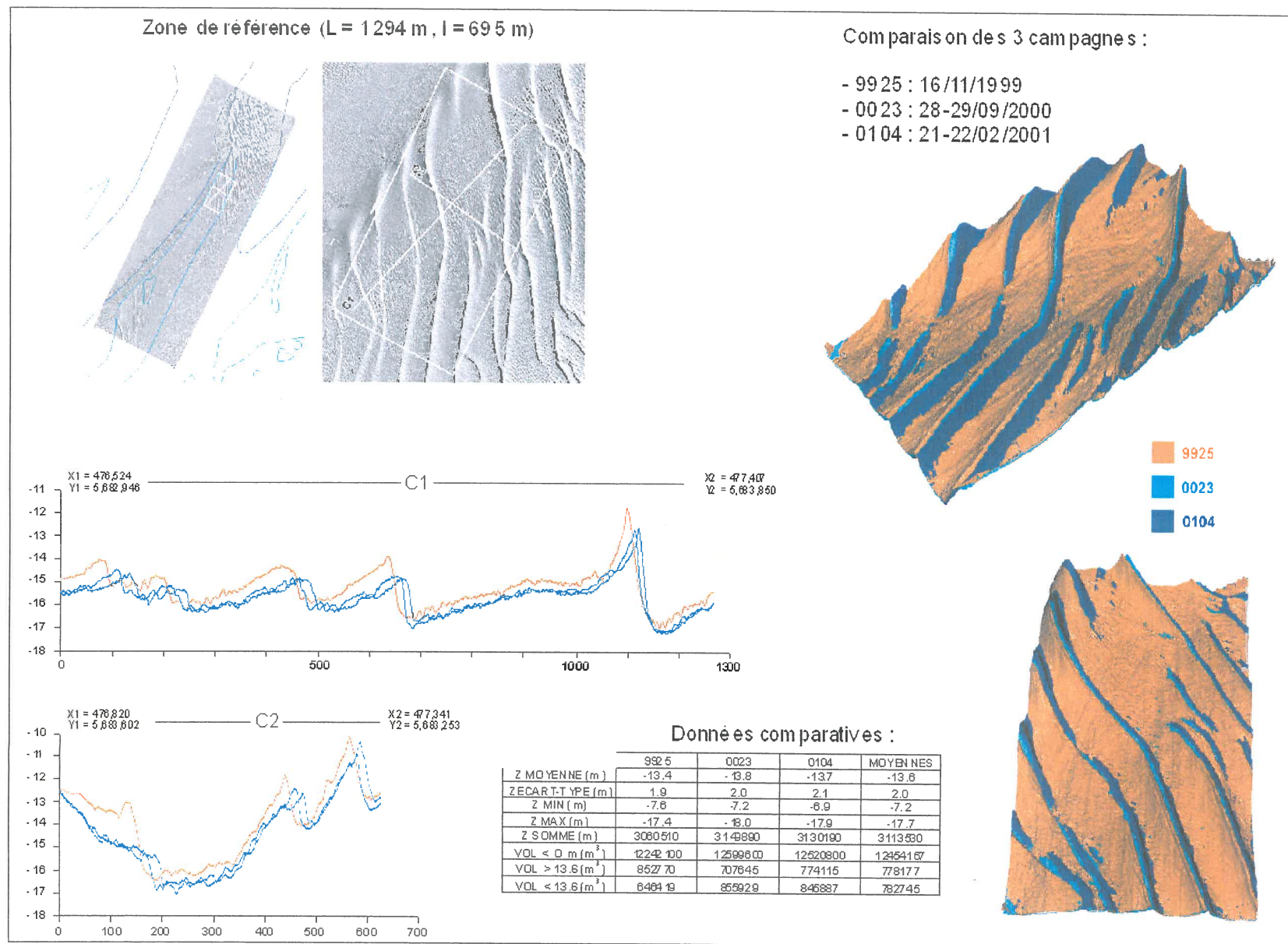
Figuur 4: Volumeberekeningen t.o.v. verschillende referentieniveau's

De monitoring op korte termijn van de exploitatiezones gebeurt door het regelmatig (2 à 3 maal per jaar) opmeten van twee referentiezones. De eerste zone ligt op de Kwintebank en omvat het meest intens ontgonnen gebied. Een tweede zone ligt op de Middelkerkebank, buiten de ontginningsgebieden en wordt als controle gebruikt. In de toekomst wordt daar nog een zone op de Thorntonbank aan toegevoegd. We vergelijken de verschillende opnames met elkaar, oa. via het berekenen van volumeverschillen en profielen (figuur 5).

Om de evolutie op langere termijn te bestuderen vergelijken we de recente multibeam opnames met singlebeam profielen die opgenomen werden in het kader van voorgaande projecten in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Voor elk profiel selecteren we uit het terreinmodel, op basis van multibeam gegevens, het corresponderende profiel (op exact dezelfde positie). Dit werd reeds uitgevoerd voor een aantal profielen op de Kwintebank (figuur 6).

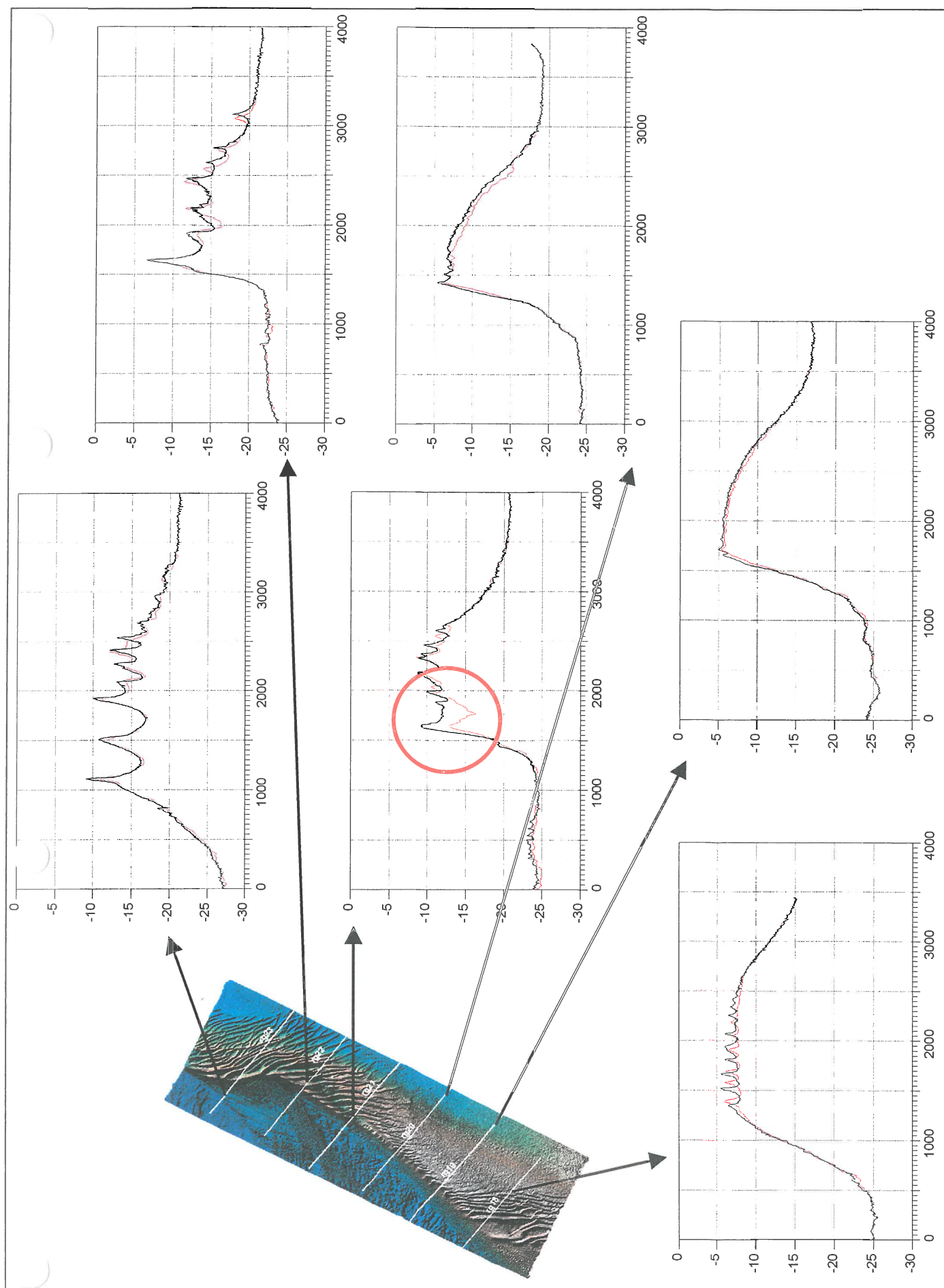
Om de invloed van de ontginningen op de evolutie van de zandbanken te bepalen verwerken en karteren we de Black-Box data van de ontginningsschepen en gegevens uit de registers aan boord (figuur 7). De combinatie met het terreinmodel (figuur 8) laat toe de relatie tussen beiden te bestuderen.

Bij een duidelijke verband tussen de waargenomen evolutie en de ontginningen kan een aanpassing van het beleid voorgesteld worden: Centraal op de Kwintebank is duidelijk een lager gelegen gebied zichtbaar (figuur 3), dat ongeveer samenvalt met de referentiezone (figuur 5). Op figuur 6 is een belangrijke verdieping zichtbaar langs het profiel over dit deel van de bank en figuur 7 en 8 tonen een zeer intense exploitatie op deze plaats. Op basis hiervan werd voorgesteld om de ontginning op dit deel van de Kwintebank voorlopig te verbieden. Dit advies werd door de raadgevende commissie (ingesteld door het KB van 12 augustus 2000) bevestigd. De betreffende zone zal voor een periode van 3 jaar gesloten en ondertussen regelmatig onderzocht worden om de verdere evolutie te bestuderen.

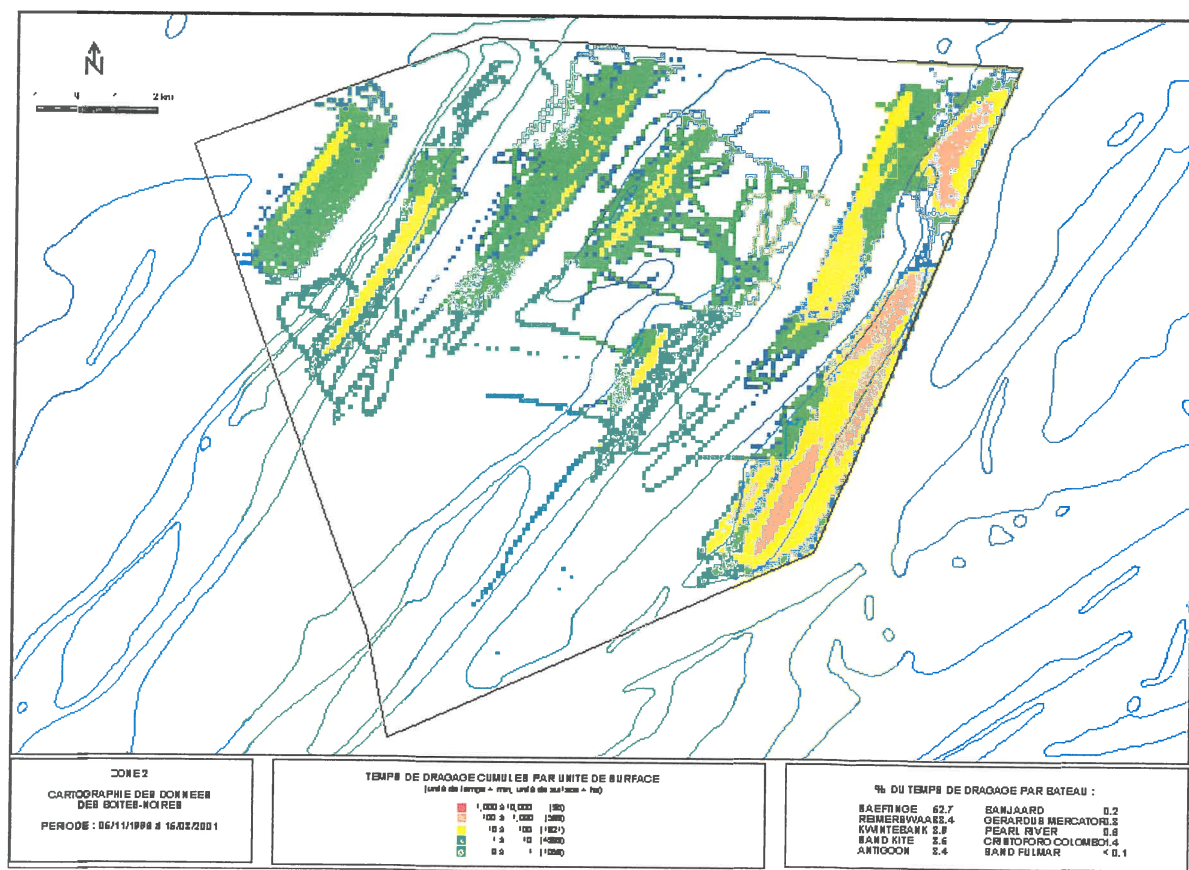


Figuur 5: Monitoring van de referentiezone op de Kwintebank: vergelijking 3 opnames.

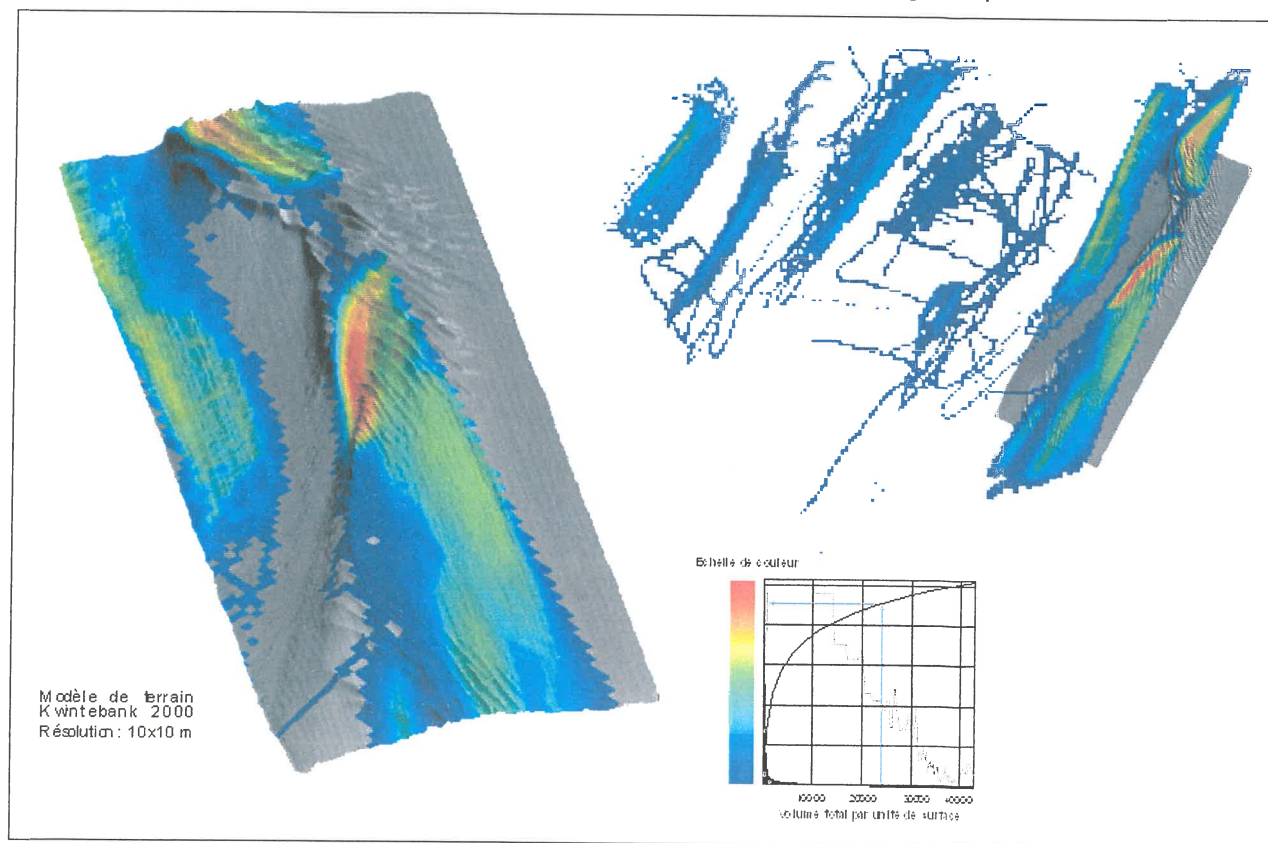




Figuur 6: Vergelijking multibeam en singlebeam gegevens. rood: actuele bathymetrie (multibeam) – blauw: single beam profielen.



Figuur 7: Kartering van Black-Box gegevens en registers van de ontginningschepen.



Figuur 8: Combinatie Black-Box en register gegevens met DTM Kwintebank.



## OFFSHORE WINDENERGIE IN BELGIË EN DE EU: SITUERING, POTENTIEEL EN IMPLEMENTATIE

Geert Palmers, Luc Dewilde, Yves Cabooter

ir. Geert Palmers, ing. Luc De Wilde & ir. Yves Cabooter. 3E, Verenigingsstraat 39, B-1000 Brussel. Tel. +32 2 217 58 68 ; Fax +32 2 219 79 89. E-mail: [Geert.Palmers@3E.be](mailto:Geert.Palmers@3E.be); Web: [www.3E.be](http://www.3E.be)

---

### 1. Europees en Belgisch beleid

De Europese energievoorziening is in stijgende mate afhankelijk van invoer. Momenteel is ca. 50% van onze energievoorziening gebaseerd op import, en dit aandeel wordt verwacht te stijgen naar 70% tegen 2030 [EU00]. Het primaire energiegebruik steeg met 1,9% (1998). Het aandeel van aardgas en hernieuwbare energie stegen met respectievelijk 4,3 en 3,7 % [EU02].

Het Europese energiebeleid richt zich op voorzieningveiligheid, duurzaamheid en economische competitiviteit van de Europese Unie. Hernieuwbare energie kan in dit beleid een centrale rol vervullen. Als inheemse bron met lage tot zeer lage milieu-impact draagt de optie bij tot de duurzaamheid van het Europese energiesysteem. Dankzij de technologische ontwikkelingen in het voorbije decenium is hernieuwbare energie in een groeiend aantal situaties een economisch competitieve optie. Daarnaast draagt een stijgend gebruik van hernieuwbare energie bij tot prijsstabiliteit van energiediensten.

De Europese Commissie publiceerde in 1997 het Witboek 'Energie voor de toekomst : duurzame bronnen van energie'. Hierin werd een doelstelling vooropgesteld om tegen 2010 12% van het bruto binnenlands verbruik van de EU te produceren op basis van hernieuwbare energiebronnen. Momenteel bedraagt de bijdrage ca. 6%.

In 2001 werd de eerste Europese richtlijn over hernieuwbare energiebronnen goedgekeurd, gericht op het bevorderen van elektriciteitsproductie op basis van deze bronnen. De richtlijn introduceert een rapporteringsplicht over de evolutie van het aandeel van het verbruik van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen in iedere lidstaat, en een verplichting invoert m.b.t garantie van oorsprong van deze elektriciteit. Verder worden er indicatieve doelstellingen per lidstaat aangegeven, en een globale EU15 doelstelling van 22,1% aandeel van groene stroom in het bruto binnenlands elektriciteitsverbruik. De Europese Commissie kan, indien de natuurlijke evolutie afwijkt van de vooropgestelde doelstellingen, bindende maatregelen voorstellen. België heeft hierbinnen een indicatieve doelstelling van 6% tegen 2010.

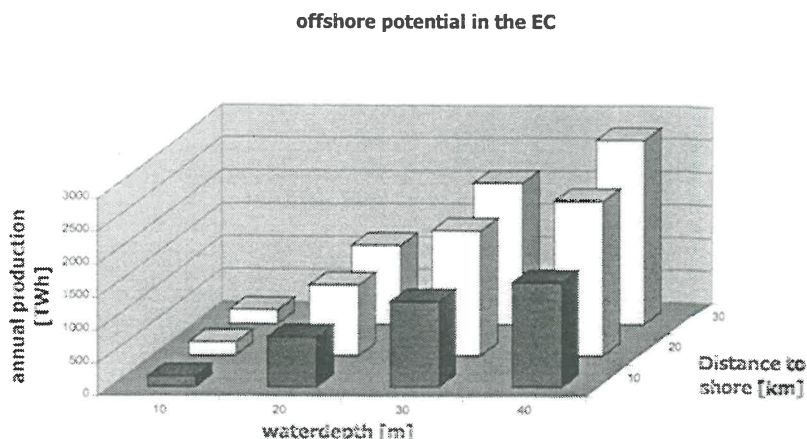
België heeft de Europese doelstellingen voor elektriciteit op basis van hernieuwbare bronnen opgenomen in zijn regionale en federale wetgeving.: België beoogt om 6% van zijn elektriciteitsverbruik te realiseren op basis van hernieuwbare bronnen tegen 2010.

De huidige bijdrage van hernieuwbare bronnen in België is beperkt tot ca. 1% van het elektriciteitsverbruik.

## 2. Potentieel windenergie

### 2.1. Potentieel EU

Verscheidende studies hebben een inschatting gemaakt van het offshore windpotentieel in Europa. [HAS 95] [HOL 00]. Beide studies in referentie schatten het technisch offshore wind potentieel groter dan het elektriciteitsverbruik van de EU. Afhankelijk van de waterdiepte (maximaal 40 m) en de afstand tot de kust (maximaal 30 km) bedraagt het cumulatief offshore windpotentieel 2800 TWh/a (see Figuur )



Figuur 1: Offshore windpotentieel in de EU

### 2.2. Potentieel België

Het technisch potentieel werd in verschillende bronnen ingeschat sinds 1984. Voor offshore wind variëren de schattingen tussen een jaarproductie van 0 – 4500 GWh/jaar al naargelang de veronderstellingen. De meest recente studies, die de beperkingen van concurrerende economische en ecologische functies in rekening nemen, schatten een jaarproductie van 3000 à 4500 GWh.

Tabel 1. Potentieel wind energie in België

Installed capacity (MW)	Energy production (GWh/yr)			Referentie	Opmerkinge
	On shore	Offshore	Total		
3 000				Dewilde et. Al. 1984	Technische potentieel
	2 700			EWEA 1990	
1 500	3 000			Van Leuven et al. 1990	Economische potentieel 2030
	1400			ESD 1994	Realiseerbaar 2010
	1665	500	2165	De Grootte et al. 1995	Realiseerbaar 2010
100	200			De Ruyck 1996	
2100	1200	4500	5700	ODE 1997	Enkel Vlaams Gewest/datum ?
1500 à 2000	1200 à 2400	3000	4200 à 5400	AMPERE Commissie	2020

### **3. Implementatie Offshore windenergie**

#### **3.1. Afweging onshore versus offshore windenergie**

De beperkte beschikbare ruimte op land is een drijvende kracht voor de ontwikkeling van offshore windenergie. Andere voordelen zijn :

- Beschikbaarheid van grote open ruimtes
- Grotere windsnelheden
- Lagere turbulentie, waardoor de opbrengst hoger ligt en de vermoeiingsbelasting afneemt en de levensduur stijgt
- Lagere wind-shear, waardoor kleinere torens kunnen gebruikt worden

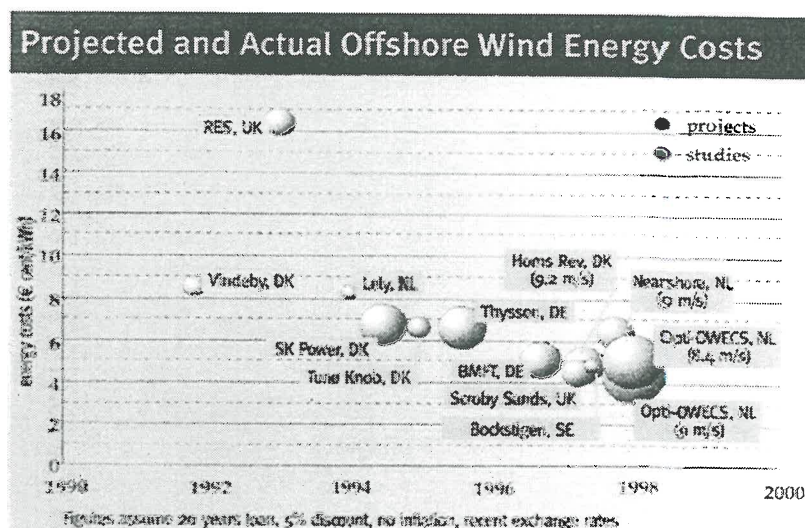
Hiertegenover staat de hogere kapitaalkost als gevolg van :

- Additionele kosten van mariene fundering
- Hogere kosten als gevolg van netkoppeling, en in sommige gevallen de versterking van zwakke netten in kustgebieden
- Duurdere installatie als gevolg van de beperkte en moeilijke toegang tijdens slechte weersomstandigheden
- Beperkte toegang tijdens de operationele periode voor onderhoud, die kan leiden tot lagere turbinebeschikbaarheden en dus tot lagere opbrengsten.

#### **3.2. Economische aspecten**

Offshore windenergie vereist initieel hogere investeringskosten dan onshore t.g.v de hogere funderingskosten en de netkoppeling. Bijkomend verhoogd de 'marinisering' van windturbines de kosten van offshore wind. Investeringskosten zijn gereduceerd van tyisch 2200 €/kW voor de eerste Deense offshore windparken naar een kost van 1650 €/kW voor Horns Rev, overeenkomend met een elektriciteitskost van 4,9 ¢cents/kWh. Grotere windturbines zullen de investeringskosten per MW verder doen dalen, tesamen met goedkopere geoptimaliseerde installatie- en onderhoudstechnieken.

Voor grote projecten is het nog onduidelijk onder welke voorwaarden (due diligence, certificatie, verzekeringen) bankleningen toegestaan worden voor grote offshore windprojecten. Het succesvol realiseren van demonstratieprojecten is hiertoe essentieel.



Figuur 2 : Huidige en geprojecteerde energieproductiekosten voor offshore windenergie

### 3.3. Technologie

De wind turbines die in de eerste demonstratieprojecten windenergie off-shore worden toegepast zijn aangepaste of "gemarineerde" on-shore ontwerpen. Op basis van de markt voor windenergie off-shore die zich momenteel aftekend, is het zeer waarschijnlijk dat geheel nieuwe concepten voor optimale off-shore technologie zullen ontwikkeld worden in de komende 10 à 20 jaar.

#### *Aangepast design*

Verbeterde ontwerpen kunnen erin bestaan het aantal componenten te verminderen of passieve systemen toe te passen. Voorbeelden hiervan zijn ontwerpen zonder tandwielkast, passieve pitch controle, downwind turbines met vrije krui-controle, het gebruik van nieuwe materialen zoals koolstofvezels.

Het valt te verwachten dat voor windturbines die ver in zee staan het concept van afwindse turbine met 2 wieken met hoge tipsnelheidsverhoudingen aan een heropleving zullen toe zijn. Off-shore concepten zullen vernieuwende installatieconcepten bevatten evenals elektrische conversie-en transport-innovaties, corrosiebescherming en integratie van ontwerpvoorwaarden als golfslag-en windbelasting.

Pitch-gestuurde turbines met variabele snelheid zullen het marktsegment van de grote machines domineren.

#### *Nieuwe generator concepten*

Het rotatiesnelheidssysteem houdt verband met het concept van het elektrotechnisch systeem van de turbine. In vroegere traditionele ontwerpen werd meestal een rotor met constante snelheid gekoppeld aan een asynchrone of inductiegenerator toegepast. Dit ontwerp is eenvoudig en robuust en het wordt vaak gebruikt in combinatie met een stall geregelde rotor. In de vakliteratuur wordt veelal naar dit concept verwezen als het 'het typisch Deense concept'.

Om het geluid te beperken en ook de opbrengst bij lagere windsnelheden (<7m/s) te verhogen wordt vaak een systeem met tweevoudige snelheid toegepast. Dit wordt hoofdzakelijk bekomen door gebruik van een generator met poolaanpassing (1000-1500 rpm).



De voorbije 10 jaren hebben een aantal ontwikkelingen op dit vlak plaatsgevonden:

- Semi-variabele snelheid met gebruik van een dubbel gevoede inductiegenerator. Dit laat 25% variatie in de snelheid toe. De stator van de generator is direct met het net gekoppeld. De gewonden rotor is aan het net gekoppeld door middel van een vermogensomvormer.
- Het direct aangedreven synchrone generator systeem: de rotor is hierbij direct verbonden met een multipoel generator met laag toerental en er is geen reductiekast nodig wat het mechanisch gedeelte sterk vereenvoudigt.
- Directe aandrijving van een generator op hoogspanning: er wordt gebruik gemaakt van een rotor met variable snelheid en met permanente magneten. De uitgang op een spanning van 20kV wordt via diodes omgevormd tot gelijkstroom. De turbines worden in groepen geconnecteerd en het gegenereerde vermogen zal zonder nood aan een transformator naar het net worden gebracht.

#### *Grotere machines*

Deze ontwikkeling naar grotere machines is natuurlijk ook bepaald door kostenaspecten:

- Golfslag is de belangrijkste factor die de vereiste sterkte en gewicht van off-shore funderingen voor windturbines bepaalt. Bijgevolg is het veel rendabeler van grote windturbines in te zetten omdat de omvang en de kosten van de funderingen niet proportioneel met de grootte van de windturbine toenemen.
- Netkoppeling is een andere belangrijke kostfactor. Het is duidelijk veel goedkoper om minder turbines aan het net te koppelen voor een gegeven totaal wind park vermogen.
- Grotere machines laten toe kosten te besparen op gebied van onderhoud omdat er minder eenheden zullen moeten worden bezocht per boot.

Verder opschalen van de wind turbines behoort nog tot de mogelijkheden hoewel de logistieke aspecten van zulke grote eenheden op land al behoorlijk moeilijk zijn geworden. Schachtdiameters zullen bij voorkeur niet groter zijn dan 4.2 tot 4.4 meter indien zij in normale secties per vrachtwagen of trein dienen te worden getransporteerd. Zowel fabrikanten als klanten verkiezen machines die reeds grondig op land zijn getest vooraleer ze op zee te gaan installeren.

#### *Netkoppeling*

De technische implementatie van offshore windpark netkoppeling zal worden beheerd door de parameters geïnstalleerd vermogen en afstand tot de kust. Bij kleine off-shore windparken zeer dicht bij de kust kan de netkoppeling gerealiseerd worden door middel van één of meerdere middenspanningslijnen. Het balanceren van het reactief vermogen en de spanningsstabiliteit kan bij deze toepassingen moeilijkheden opleveren.

Toekomstige offshore windparken zullen een geïnstalleerd vermogen hebben van 1000 MW of meer en bevinden zich veel verder van de kust. Deze parken dienen aan het transmissienet gekoppeld worden via hoogspanning of extra hoge spanningslijnen met offshore onderstations op aparte platformen.

Voor lange afstanden en/of voor grote vermogens worden AC-connecties echter gepenaliseerd door relatief hoge verliezen. De koppeling tussen het off-shore windpark en het net op het vasteland kan gerealiseerd worden door een zogenaamde DC-link (Direct Current) die wel AC/DC (offshore) en DC/AC (onshore) vermogensomvormers



vereist. De turbines onderling worden verbonden met een middenspanningsnet waarbij elke turbine is uitgerust met een step-up transformator tussen het interne laagspanningssysteem (<1kV) van de windturbine en het middenspanningsdeel op spanningen tot 36kV. Deze transformator en de aanverwante middenspanningsschakelapparatuur zal worden geïnstalleerd binnenin de toren of de gondel van de windturbine.

Alhoewel momenteel nog niet beschikbaar op de markt, lijkt het opportuun om bij grotere windturbines de uitgangsspanning en de nominale spanning van de generator op middenspanning te brengen. Verder lijkt het onwaarschijnlijk dat hoogspanning zal worden gebruikt voor interconnectie van windturbines om wille van de hogere specifieke techniciteit en de verbonden kosten.

Een alternatief voor een middenspanningsnet om het windpark te verbinden, is een DC net. Hierdoor worden synchronisatieproblemen tussen windturbines vermeden wat het mogelijk maakt turbines met variabele snelheid onderling te verbinden. Tot vandaag zijn dergelijke systemen nog niet toegepast en is de technologie om dergelijke interconnecties te maken nog niet beschikbaar.

### 3.4. Impact van offshore windenergie

De realisatie van offshore windenergieprojecten in de Belgisch territoriale zee levert een betekenisvolle bijdrage tot de doelstellingen van het Europees en Belgische energiebeleid, op het vlak van emissiereducties en 'inheemse' energieproductie.

#### *Vermeden CO<sub>2</sub> emissies*

Een gemiddeld park van 100 MW geïnstalleerd vermogen vermijdt een CO<sub>2</sub> emissie van minstens 110 kton CO<sub>2</sub>/jaar (Belgische energiemix), hetgeen overeenkomt met de absorptie van 22 000 ha bos, t.t.z. vergelijkbaar met 5 keer de jaarlijkse absorptie van het zoniënwoud.

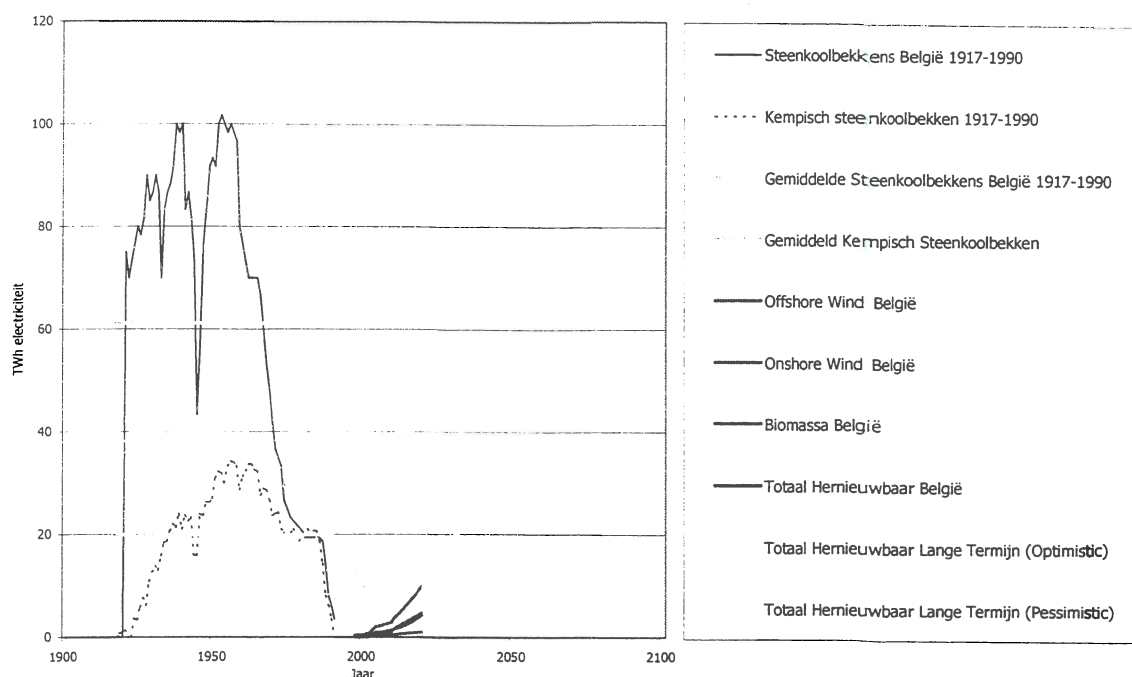
#### *Socio-economische impact*

Wind heeft een belangrijke socio-economische impact. De windindustrie genereert ca. 4,5 job/MW aan directe werkgelegenheid.

#### *Energieproductie*

Een typisch 100 MW windpark produceert ca. 330 GWh/jaar, equivalent aan het jaarverbruik van 100 000 Belgische gezinnen.

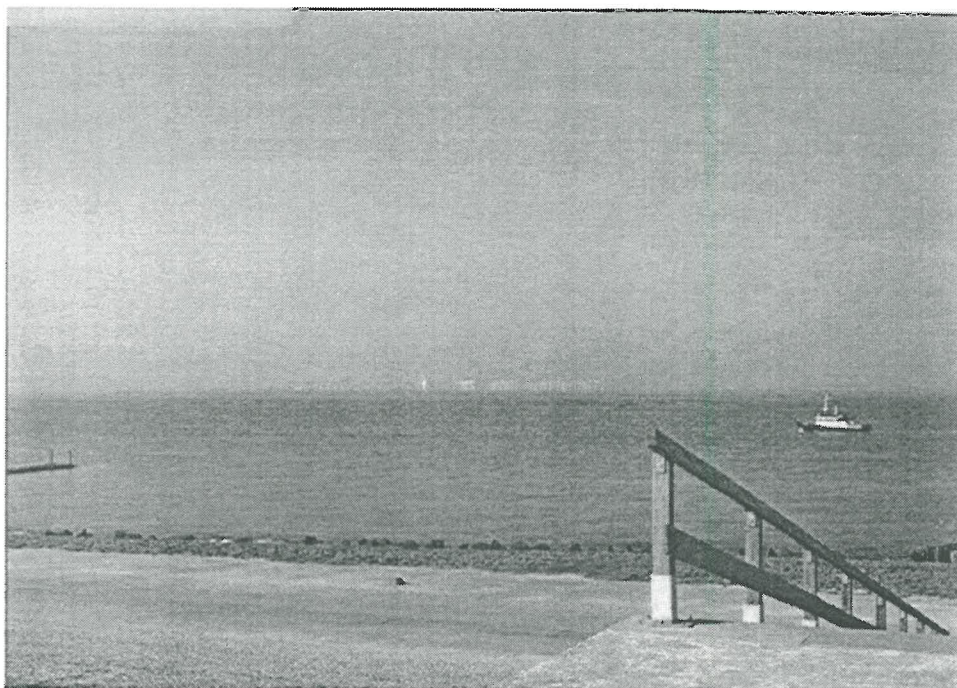
Figuur 3 geeft een vergelijking tussen de verwachte bijdrage van alle hernieuwbare bronnen, inclusief offshore windenergie, met een equivalente elektriciteitsproductie op basis van de ontgonnen steenkool (enige significante 'inheemse' energiebron in België naast hernieuwbare bronnen) in de periode 1917 – 1990 (gebaseerd op een rendement van een steenkoolcentrale van 40%). Hieruit blijkt dat het potentieel aan elektriciteitsproductie van offshore windenergie in de Belgisch territoriale wateren in grootte-orde vergelijkbaar is met deze van een grote steenkoolmijn (25% van het Kempische bekken), maar dan onuitputbaar en met zeer lage emissies.



Figuur 3 : Vergelijking met de equivalente elektriciteitsopwekking op basis van de steenkoolproductie 1917 – 1990 met de potentiële bijdrage van hernieuwbare bronnen tot elektriciteitsproductie na 2000.

### Visuele impact

De eerste generatie offshore windparken zal in een zone gebouwd worden die nog zichtbaar is vanuit de kust. Figuur geeft een impressie van een offshore windpark van 100 MW op 6km van de Belgische kust. Hoewel een visuele impact inherent een subjectief gegeven is, bieden windturbines het voordeel dat het na een zijn economisch levensduur eenvoudig kunnen verwijderd worden als er betere beschikbare technologie zou zijn. De volgende generatie offshore windparken, gebaseerd op windturbines met een eenheidsvermogen van 3 à 5 MW kunnen gerealiseerd worden buiten het gezichtsveld vanuit de kust.



Figuur 4. Visuele impressie van een 100 MW offshore windpark op 6 km afstand van de Belgische kust

#### Referenties

- [GRU 94] Grubb M., Meyer N., "Renewable energy sources for Fuels and Electricity" Island Press, Washington DC, 1994
- [TRO 89] Troen I, Petersen E., "The European Wind Atlas" Riso National Laboratory, Roskilde (DK), 1989
- [VWI 93] Van Wijk A.J.M., Coelingh J.P., "Wind potential in OECD countries" University of Utrecht, 1993
- [HAS 95] Germanische Lloyd, Garrad Hassan, "Study of Offshore Wind Energy in the EC" Joule I project, Verlach natürliche energie, Brekendorf 1995
- [HOL 00] Holger Soker, Rehfeldt Knud "Offshore wind energy in the North Sea" a study by DEWI, October 2000
- [TUD 01] Consortium 'Concerted Action on Offshore Wind Energy in Europe' "Offshore wind energy : ready to power a sustainable Europe" Delft University Wind Energy Research Institute 2001– European Commission
- [WIN 99] "Windforce 10 , A blue print to achieve 10% of windpower penetration" Published by EWEA, Greenpeace

## BEHEREN MET BELEID

Ad Stolk

Rijkswaterstaat, Directie Noordzee. P.O. Box 5807. 2280 HV Rijswijk. Nederland. Tel. +31 70 33 66 78 7.  
E-mail: A.Stolk@dnz.rws.minvenw.nl

**Is dit een beleidsbeslissing of is er over nagedacht?**

*(Oudhollands gezegde)*

### 1. Inleiding

Wees gerust. Er is en wordt vreselijk veel over beleid nagedacht. Door vele mensen in vele ministeries en andere organisaties. Jammer genoeg denken ze niet allemaal hetzelfde. Of misschien is dat juist wel goed. Het voorkomt eenzijdigheid en zelfgenoegzaamheid. Aan de andere kant duurt het wel lang voor er weer eens nieuw beleid is. En dan blijkt dat nieuwe beleid niet altijd zo nieuw als het lijkt. Ons geheugen laat ons wel eens in de steek. Soms ook wordt beleid na veel onderzoek en discussie voor een aantal jaren (meestal 4 of 5) vastgelegd, om na die periode geruisloos te verdwijnen. Dat is voor het beheer niet altijd even gemakkelijk.

Dat is één kant van de zaak. De andere kant is dat we met het beleid voor de Noordzee ook echt verder komen. Door interactief beleid wordt de afstemming binnen de overheid en tussen de overheid en de sectoren en NGO's beter. Het beheer van de Noordzee wordt in een maatschappelijke context geplaatst en regelmatig besproken met de andere acteurs en actoren. Nieuw beleid zet ook vaak een koersverandering voor de lange termijn in.

Na een historisch getint overzicht van het Nederlandse Noordzeebeleid wordt, aansluitend aan het thema van het colloquium, de stand van zaken besproken van de zandwinning op het Nederlands Continentaal Plat.

### 2. Overzicht Noordzeebeleid

#### 2.1 Internationaal

In internationaal opzicht is de laatste 25 jaar veel vooruitgang geboekt met het verantwoord beheer van de zee (Tromp et al., 1998). Na de olieramp met de Torrey Canyon in 1967 is in 1969 het Bonn Agreement tot stand gekomen, waarbij de Noordzeelanden gecoördineerd optreden tegen olie- en andere chemische vervuiling. De Conventies van Oslo (1972) en Parijs (1974) regelen voor het Noordoost-Atlantische gebied het voorkomen van vervuiling door storten van afval in zee en door bronnen van vervuiling op land. Bij de combinatie van de twee conventies tot het OSPAR Verdrag in 1992 wordt ook het tegengaan van verstoring van het zeemilieu in de doelstelling opgenomen.

In de Nederlandse kustzone zijn gebieden aangewezen die onder de EU-Richtlijnen voor Vogel- en Habitatgebieden vallen (fig.1).

De Noordzeelanden houden sinds 1984 regelmatig Noordzee Ministers Conferenties, waarop politieke beslissingen worden genomen over het beleid voor en beheer van de Noordzee. Bij deze conferenties zijn ook Zwitserland, de Europese Unie, andere OSPAR-landen en NGO's betrokken.

De laatste conferentie was in maart 2002 in Bergen, Noorwegen. De belangrijkste uitkomst was dat de ministers hebben benadrukt dat het van belang is de ecosysteembenadering voor de Noordzee te implementeren. In OSPAR-kader worden Ecological Quality Objectives (EcoQO's) voor de Noordzee uitgewerkt.

## 2. Nederlands Noordzeebeleid

### *Beleidsplan Harmonisatie Noordzeebeleid (1988)*

Voor een overzicht van het Nederlandse beleid met betrekking op de Noordzee is het goed te beginnen met het streven naar eenheid in het beleid in de jaren tachtig. Ook voor die tijd was er uiteraard beleid. Meestal gericht op bepaald gebruik van de Noordzee, zoals scheepvaart en visserij. Het Beleidsplan Harmonisatie Noordzeebeleid is gericht op de interdepartementale coördinatie van het Noordzeebeleid. De minister van Verkeer en Waterstaat wordt aangewezen als de coördinerend minister voor Noordzeeaanlegenheden. De interdepartementale coördinatie commissie voor Noordzee-aangelegenheden (ICONA) geeft een atlas (ICONA, 1992) en een almanak (ICONA, 1995) uit voor gebruik bij beleid en beheer.

### *Watersysteemplan Noordzee (1992)*

In de Derde Nota Waterhuishouding (3<sup>e</sup> Nota, 1989) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat werd voor het eerst een watersysteembenadering gevolgd met het doel te komen tot integraal waterbeheer.

Voor de Noordzee werd dit uitgewerkt in het Watersysteemplan Noordzee 1991-1995 (WSP, 1991). In dit door vier ministeries gedragen document werd op grond van ecologisch onderzoek een milieuzone gedefinieerd. De milieuzone bestond uit de Kustzone, het Friese Front, de Klaverbank en een verbindingstrook tussen deze gebieden. In dit vanuit ecologisch oogpunt waardevolle gebied werden zwaardere eisen gesteld aan het gebruik. Het Watersysteemplan Noordzee was geldig tot 1995. De nadruk op de milieuzone is na 1995 niet gecontinueerd.

### *Vierde Nota Waterhuishouding (1998)*

In de Vierde Nota Waterhuishouding van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (4<sup>e</sup> Nota, 1998) wordt geen onderscheid meer gemaakt tussen een milieuzone en de rest van het Nederlands deel van de Noordzee. Er worden streefbeelden voor het hele gebied gedefinieerd:

*“Visserij en ecologische doelen zijn in balans gebracht door een integrale benadering van de visserij in relatie tot het ecosysteem. Hierbij worden de voorzorgs- en ecosysteembenadering gehanteerd. De bestanden van commerciële vissoorten zijn boven het veilig biologisch minimum. De scheepvaart wordt veilig afgewikkeld en illegale lozingen komen nauwelijks voor. De verontreiniging van de Noordzee door diffuse bronnen, waaronder atmosferische depositie, is verder teruggedrongen. Het zandwinbeleid voor de Noordzee is geactualiseerd. Overheid, gebruikers en belanghebbenden hebben een gemeenschappelijke strategische visie op het beheer en gebruik van de Noordzee en werken nauw samen om deze visie te implementeren.”*

Deze streefbeelden vormen het perspectief voor het beheer van de Noordzee. Verdere uitwerking vindt plaats in beheersdocumenten en moet uiteindelijk geïmplementeerd worden in de beheerspraktijk.



### *Structuurschema Groene Ruimte (1995)*

In het Structuurschema Groene Ruimte (SGR, 1995) van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij wordt de natuurwaarde van de Noordzee benadrukt door het hele Noordzeegebied aan te wijzen als kerngebied van de Ecologische Hoofdstructuur van Nederland. Dat houdt in dat er bij grote ingrepen in het gebied eerst een 'nut en noodzaak'-discussie gevoerd worden. Dergelijke ingrepen zijn pas toegestaan als er een zwaarwegend maatschappelijk belang aannemelijk is gemaakt.

### *Tweede Structuurschema Groene Ruimte*

Momenteel wordt gewerkt aan het Tweede Structuurschema Groene Ruimte (SGR2, 2002) van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Voorafgaand aan het SGR2 heeft het ministerie de nota *Natuur voor mensen, mensen voor natuur* opgesteld. Hierin zijn 12 ecosysteendoelen voor de Noordzee gedefinieerd. Kern van de ecosysteendoelen is dat de Noordzee een zo natuurlijk mogelijk functionerend ecosysteem moet zijn, gekenmerkt door de voor de Noordzee en haar kustzone karakteristieke biodiversiteit en landschappelijke identiteit.

In het concept van het SGR2 worden delen van de Noordzee aangewezen als gebieden met een bijzondere natuurwaarde. Het gaat hier om de Kustzone, het Friese Front, de centrale Oestergronden, de Klaverbank en een deel van de Doggerbank.

### *Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (2002)*

Het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer brengt ongeveer om de vier jaar een nota uit over de ruimtelijke ordening van Nederland. In de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (VIJNO, 2002) is voor het eerst de Noordzee opgenomen als landsdeel.

Voor de Noordzee belangrijke punten uit de VIJNO zijn het vaststellen van voorkeursgebieden voor windenergie en het vaststellen van de doorgaande NAP -20 meterlijn als landwaartse grens voor oppervlaktedelfstoffenwinning.

## **2.3 Kustbeleid in Nederland**

Het kustbeleid in Nederland is voornamelijk een kustverdedigingsbeleid. Veel aandacht wordt geschonken aan de wijze waarop Nederland beschermd moet worden tegen de zee. Voor de eerste Kustnota (Kustnota, 1990) werd een uitgebreide studie verricht naar de morfologie en de ecologie van de kust (TRO, 1989). Ook het economische aspect van de kustverdediging werd belicht. Er werd gekozen voor het dynamisch handhaven van de kustlijn. De kustlijn wordt gehandhaafd op de plaats waar hij in 1990 lag, met een kleine marge voor de beweeglijkheid die bij een duinenkust hoort.

In de tweede (Kustnota, 1995) en derde (Kustnota, 2000) kustnota wordt dit beleid voortgezet. De nadruk wordt gelegd op zachte kustverdediging door zandsuppleties onder het motto: zacht waar het kan, hard waar het moet. Het ligt in de bedoeling in de naaste toekomst een integrale visie te ontwikkelen op de totale kustzone van de onderwateroever tot aan de binnenduinrand. Onlangs is als aanzet daartoe de notitie *Naar een integraal kustzonebeleid* (IKB, 2002) uitgebracht. Met deze beleidsagenda wil de overheid een discussie aangaan over de belangrijkste kustvraagstukken.

Niet alleen de overheid denkt over de toekomst van de kustzone. Ook provincies en NGO's hebben nota's geschreven waarin ze hun visie op de kustzone ontvouwen. Enkele voorbeelden daarvan zijn: 'Meegroeien met de kust' van het Wereldnatuurfonds (WNF, 199.) en 'Zand, Zee en Later' van de Vereniging Natuurmonumenten (VN, 1998).

### 3. Beheer van de Noordzee

De doelen die door het beleid gesteld worden zullen uiteindelijk door het beheer gerealiseerd moeten worden. Met het beheer kan gestuurd worden op het gebruik van de Noordzee door middel van regelgeving, vergunningen en handhaving.

De streefbeeldens uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding worden geconcretiseerd in het Beheersplan Rijkswateren 3 (BPRW3, 2001). Daarin is ook een hoofdstuk Noordzee opgenomen.

Voor de Noordzee is ook via een apart traject een beheersvisie opgesteld. Vanuit interactief overleg met de verschillende departementen, sectoren en NGO's is de Beheersvisie Noordzee 2010 (BVN, 1999) opgesteld. Kern van de beheersvisie is de balans tussen de Noordzee als bron van leven, rust en ruimte en de Noordzee als motor van economische activiteiten. Het beheer richt zich de komende jaren op de ontplooiing van zowel bron als motor en het in evenwicht brengen van de balans tussen beiden. De sturing van de balans is te verbeteren door versterking van de samenhang in de beleidsketen, door meer kennis over het functioneren van het Noordzeesysteem en door meer politieke aandacht en sturing. De Beheersvisie Noordzee gaat in op toetsingskader, ruimtelijk gebruik, bestuurlijk/juridisch instrumentarium, sturing van de balans, en het gebruik van de zee.

Bij het gebruik van de Noordzee zijn een aantal (gebruiks)functies te onderscheiden:

Natuur, Olie- en gaswinning, Visserij, Scheepvaart, Oppervlaktedelfstoffenwinning, Recreatie, Militair gebruik, Pijpleidingen en kabels, Landaanwinning, Windenergie en Waterkeren.

Vanuit de samenwerking tussen de departementen bij het opstellen van de Beheersvisie Noordzee 2010 is het Interdepartementaal Directeuren Overleg Noordzee (IDON) gevormd, waarin tien departementen samenwerken om het beheer van de Noordzee gestalte te geven.

### 4. Zandwinning

De winning van zand uit het Nederlands deel van de Noordzee neemt jaarlijks toe. In 1993 werd er 12,9 miljoen kubieke meter gewonnen. In 2001 was dat toegenomen tot 36,4 miljoen kubieke meter.

Grind en klei worden niet gewonnen. Het landelijk beleid voor de winning van oppervlaktedelfstoffen is beschreven in de structuurschema's SOD (1995) en SOD2 (2000). Het beleid is uitdrukkelijk gericht op een verruiming van de toepassing van zeezand. Vooral de winning van (grof) betonzand uit zee staat in de belangstelling. Er dreigt een tekort aan betonzand uit landlocaties. Rijkswaterstaat voert samen met het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geologie een uitgebreid boorprogramma uit voor de kust van Zuid-Holland. Op grond van circa tweehonderd boringen tot een diepte van ruim 20 meter zijn enkele gebieden geïdentificeerd waar winbaar betonzand zou kunnen zitten. Voor de betonzandwinning in dit gebied is een milieueffectrapport opgesteld (MERBMN, 2001).

Er is ook betonzand aanwezig op de Klaverbank, 170 km ten noordwesten van Den Helder. Hier liggen grove materialen zoals grind en stenen aan de oppervlakte. Het bodemleven heeft daardoor een bijzonder karakter. Eventuele winning zal moeten gebeuren met behoud van de ecologische waarde van het gebied. Ook voor dit gebied wordt een milieueffectrapportage opgesteld (MERKB, 2001).

Het winnen van oppervlakedelfstoffen uit de Noordzee is gebonden aan wettelijke procedures, beleidsuitspraken en voorwaarden aan de uitvoering. In het Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee dat in 1993 samen met een milieueffectrapport (RON/MER, 1993) is verschenen, zijn de algemene voorwaarden beschreven waaraan de winner zich dient te houden. Nieuwe ontwikkelingen, zoals de sterk toegenomen behoefte aan betonzand uit zee en de verwachte grootschalige zandwinning voor de Tweede Maasvlakte maken een herziening van het RON noodzakelijk (Stolk & Seeger, 2000). Voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte is circa 400 miljoen kubieke meter zeezand nodig. Het zand zal worden gewonnen uit een gebied buiten de NAP -20 meter dieptelijn voor de kust van Zuid-Holland (fig.2).

Een andere grootschalige zandwinning is die voor de Westerschelde Container Terminal bij Vlissingen. Hiervoor is circa 20 miljoen kubieke meter zeezand nodig. Een startnotitie voor de milieueffectrapportage is verschenen (MERWCT, 2001).

In het Tweede Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee (RON2) wordt een beleidsmatig onderscheid gemaakt tussen reguliere ontgroningen (ondiep en kleinschalig) en grootschalige en/of diepe ontgroningen. De grens tussen kleinschalige en grootschalige zandwinning ligt bij 10 miljoen kubieke meter. Er worden randvoorwaarden geformuleerd voor deze verschillende vormen van zandwinning. Uitgangspunt van het RON2 is om tegemoet te komen aan de groeiende vraag naar oppervlakedelfstoffen uit de Noordzeebodem, maar daar zo zuinig en hoogwaardig mogelijk mee om te gaan. Verder moet de winning goed afgestemd worden met de andere gebruiksfuncties van de Noordzee. Vanzelfsprekend mag winning het duurzaam functioneren van het watersysteem en de kustzone niet in gevaar brengen.

De doorgaande NAP -20 meter dieptelijn wordt aangehouden als grens waarbuiten winning mag plaatsvinden. Daardoor vallen de Voordelta, de waddenzee, inclusief een beïnvloedingszone van drie mijl, en de Vogelrichtlijn- en Habitatgebieden buiten het wingebed van het RON2 (fig.1). Een uitzondering is de schelpenwinning. In de Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning (LBS, 1998) staan wingebeden en te winnen hoeveelheden schelpen binnen de doorgaande NAP -20 meter dieptelijn aangeven.

De belangrijkste verandering ten opzichte van het eerste ontgrondingenplan is dat het voornemen bestaat voor grootschalige zandwinning en de winning van beton- en metselzand een ontgrondingsdiepte van meer dan twee meter mogelijk te maken. Voor de reguliere winning blijft de windiepte van twee meter gehandhaafd.

Belangrijke criteria bij het vaststellen van de windiepte zijn:

- de nieuwe oppervlakesedimenten mogen niet teveel verschillen van de oorspronkelijke;
- aan de bodem van de put mag geen verminderde wateruitwisseling met de omgeving optreden die zou kunnen leiden tot zuurstoftekort;
- ecologisch herstel van het zandwingebed moet binnen afzienbare tijd (bijvoorbeeld 10 jaar) mogelijk zijn;
- het effect op andere gebruiksfuncties moet minimaal zijn.

## 5. Besluit

Het beleid op de Noordzee is erg in beweging. Naast het ministerie van Verkeer en Waterstaat (Vierde Nota Waterhuishouding, Tweede Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen) zijn de andere ministeries meer en meer betrokken. Ook het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij besteedt in zijn beleidsnota's aandacht aan de Noordzee (Visserijbeleidsnota's, Tweede Structuurschema Groene Ruimte). De Noordzee is als apart landsdeel opgenomen in de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Bij het beheer van de Noordzee en de kustzone worden de sectoren en de milieubeweging steeds meer betrokken. Teken daarvan zijn de gezamenlijke jaarlijkse IDON werkconferenties, met thema's als *Natuur en Biodiversiteit* en *Meervoudig Ruimtegebruik*, en de beleidsagenda voor de kust.

Twee keer jaar verschijnt de Nieuwsbrief Beheersvisie Noordzee 2010, met als motto:

**Noordzee.**

**Bron van leven, rust en ruimte.**

**Motor van economische activiteiten.**

## Literatuur

**3<sup>e</sup> Nota (1989)** Water voor nu en later. Derde Nota Waterhuishouding.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 297 p.

**4<sup>e</sup> Nota (1998)** Water kader. Vierde Nota Waterhuishouding.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 165 p.

**BVN (1999)** Beheersvisie Noordzee 2010

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, directie Noordzee, 63 p.

**BPRW3 (2001)** Beheersplan voor de Rijkswateren. Programma voor het beheer in de periode 2001-2004.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Den Haag, 198 p.

**ICONA (1992)** Noordzee-atlas voor het Nederlands beleid en beheer.

Stadsuitgeverij, Amsterdam, 96 kaarten.

**ICONA (1995)** Noordzee-Almanak.

ICONA-secretariaat, Den Haag,

**IKB (2002)** Naar een integraal kustzonebeleid, beleidsagenda voor de kust.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Den Haag, 47 p.

**Kustnota (1990)** Kustverdediging na 1990. Beleidskeuze voor de kustlijnverzorging.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Den Haag, 63 p.

**Kustnota (1995)** Kustbalans 1995. De tweede kustnota.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 49 p.

**Kustnota (2000)** 3<sup>e</sup> Kustnota. Traditie, Trends en Toekomst.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 120 p.

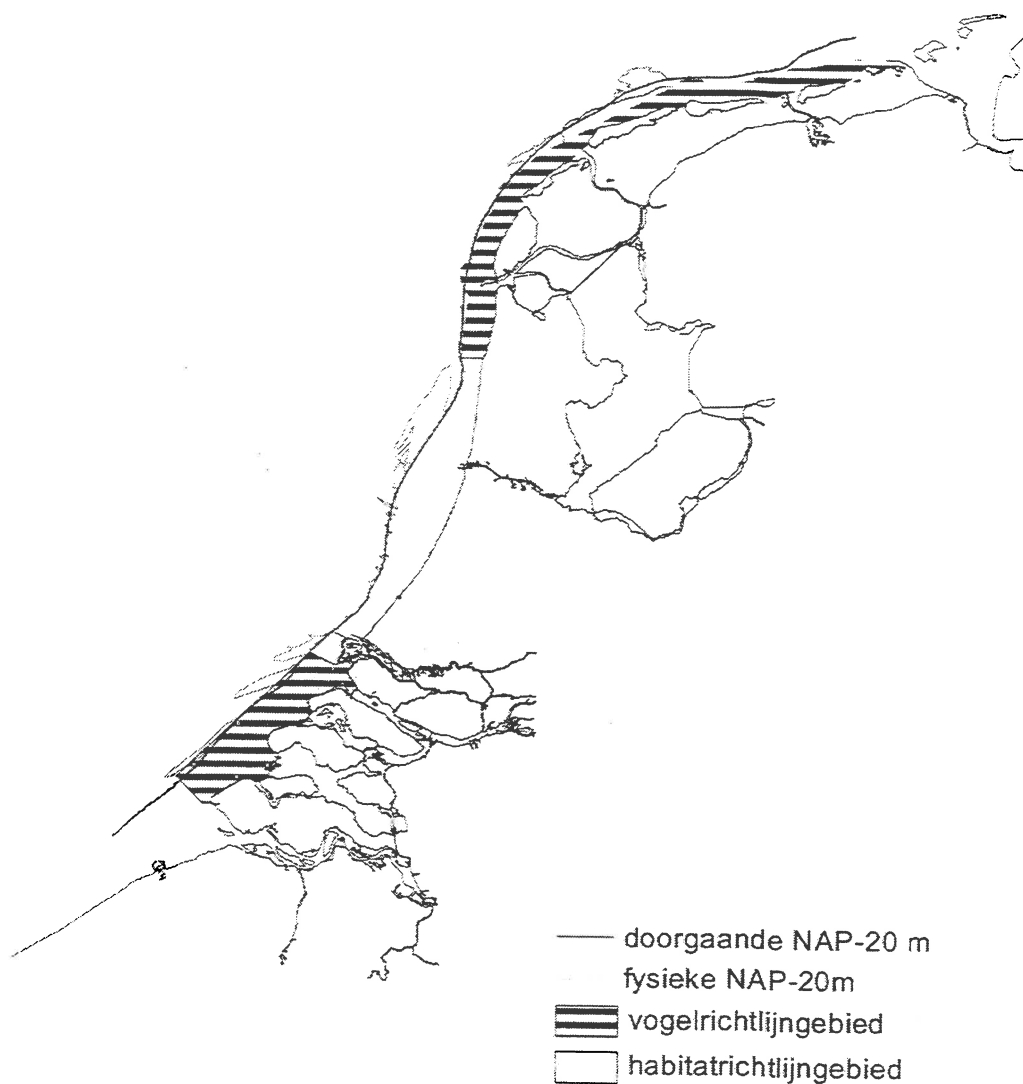
**LBS (1998)** Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 31 p.

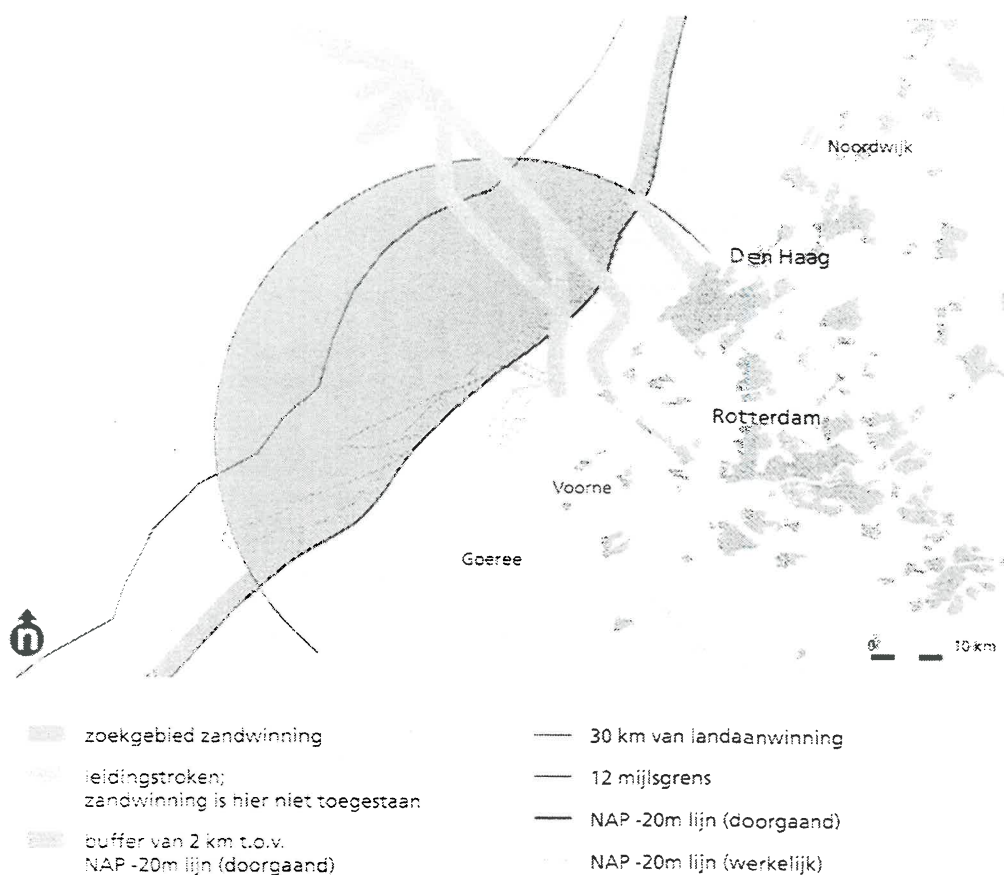


- MERBMN (2001)** (Ontwerp) Milieueffectrapport voor de winning van Beton- en Metselzand op de Noordzee. Een studie naar de effecten in het zeegebied ten westen van Zuid-Holland.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, 239 p.
- MERKB (2001)** Milieueffectrapportage voor de winning van zand en grind in het Klaverbankgebied. Startnotitie.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, directie Noordzee, 29 p.
- MERWCT (2001)** Milieueffectrapportage voor zandwinning ten behoeve van Westerschelde Container Terminal.  
Zeeland Seaports / Resource Analysis, 20 p.
- PKB-PMR (2001)** Ontwerp Planologische Kernbeslissing-plus. Project Mainportontwikkeling Rotterdam.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Financiën, Den Haag, 168 p.
- RON/MER (1993)** Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee / Milieueffectrapport.  
Deel A Beleidsnota, Rijkswaterstaat, directie Noordzee, Rijswijk, 82 p.
- RON2 (2001)** Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee 2 (ontwerp)  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat directie Noordzee, Rijswijk, 99 p.
- SGR (1995)** Structuurschema Groene Ruimte. Het landelijk gebied de moeite waard.  
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 84 p.
- SGR2 (2002)** Structuurschema Groene Ruimte 2 (deel 1 Ontwerp PKB). Samen werken aan groen Nederland.  
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 159 p.
- SOD (1996)** Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 49 p.
- SOD2 (2001)** 2<sup>e</sup> Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen. Landelijk beleid voor de bouwgrondstoffenvoorziening.  
Deel 1 Beleidsvoornemen.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 277 p.
- Stolk, A. & P. Seeger (2000)** Anticipating the challenges. The management of marine sand extraction in the Netherlands.  
Quarry Management, March 2000, p.27-32.
- TR0 (1989)** Technisch Rapport 0. Kustverdediging na 1990. Overzicht technische onderbouwing discussienota kustverdediging.  
Ministerie van Verkeer en waterstaat. Rijkswaterstaat, Den Haag, 155 p.
- Tromp, D., W. Zevenboom & A. Stolk (1998)** International cooperation around the North Sea basin.  
Journal of Coastal Conservation 4: 143-150.
- VIJNO (2002)** Ruimte maken, ruimte delen. Vijfde Nota voor de Ruimtelijke Ordening. Deel 3 Kabinetsstandpunt.  
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en milieubeheer, Den Haag, 93 p.
- VN (1998)** Zand, Zee en Later. Bijdrage aan de discussie over de toekomst van de Hollandse kust.  
Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland, 56 p.
- WNF (199.)** Meegroeien met de kust. Naar een veerkrachtige kustzone.  
Wereld Natuur Fonds, Zeist, 35 p.
- WSP (1992)** Watersysteemplan Noordzee 1991-1995  
Ministerie Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, directie Noordzee, 90 p.





Figuur 1. NAP -20 m lijnen en EU-Richtlijngebieden (RON2, 2001)



Figuur 2. Zoekgebied zandwinning Tweede Maasvlakte (PKB-PMR, 2001)

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Van Lancker V., De Turck, K., Mees, J., Mostaert, F., Seys, J., Vandeveld, D. & Van Rooij, D. (eds) (2002). Colloquium 'Kustzonebeheer vanuit geo-ecologische en economische invalshoek'. Oostende (B), 16-17 mei 2002. Genootschap van Gentse Geologen (GGG)–Vlaams Instituut van de Zee (VLIZ). VLIZ Special Publication, 10: Oostende, Belgium.

VLIZ  
Vlaams Instituut voor de Zee vzw  
Flanders Marine Institute  
Vismijn  
Pakhuizen 45-52  
B-8400 Oostende  
Tel. +32-(0)59-34 21 30  
Fax +32-(0)59-34 21 31  
E-mail: [info@vliz.be](mailto:info@vliz.be)  
<http://www.vliz.be>

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISSN 1377-0950

## **Inhoudstafel**

### Stand van Zaken

Kathy Belpaeme. *Geïntegreerd beheer van kustgebieden en het socio-economische aspect: de Belgische situatie*

Brigitte Lauwaert. *Het beheer van de niet-levende rijkdommen op het Belgisch continentaal plat.*

Tom Embo. *Beleidslijnen inzake integraal kustzonebeheer vanuit het Ministerie van Leefmilieu en Landbouw.*

Dirk Van Melkebeke. *Beleidsdoelstellingen van de administratie AWZ rond kustzoneverdediging, havenuitbouw vanuit het Ministerie van Mobiliteit, Openbare Werken en Energie.*

Frank Mostaert. *De relatie tussen geologische processen en integraal beheer van kust en polders.*

Jean Lanckneus, Geert Moerkerke & Vera Van Lancker. *Overzicht van de verschillende actoren op het Belgisch continentaal plat.*

### Evaluatiemiddelen inzake kustzonebeheer

Dick van Straaten. *Stand van zaken milieueffectrapportage voor kustgebieden : een kritische benadering van MER's op land en zee.*

Vera Van Lancker, Geert Moerkerke, Michael Fettweis, Dries Van den Eynde, Jaak Monbaliu, Jean Lanckneus & Steven Degraer. *Nood aan evaluatiemiddelen voor de opvolging van kustsystemen.*

Tom De Mulder, Marc Willems & Youri Meersschart. *Toepassingen van modellering in kustzone-onderzoek.*

Bart De Wachter & Dirk Le Roy. *Risico-analyse in de kustzone.*

Harm Albert Zanting, Marc Sas & Frank Robijn. *Informatiesystemen als ruggengraat voor Integraal Kustbeheer: visie en illustraties*

Edward Vanden Berghe, Jan Schrijvers, Jan Seys & Jan Mees. *Geïntegreerd kustzonebeheer vereist geïntegreerd informatiebeheer: IMIS als hulpmiddel voor ICZM.*

### Behoud van kust en polders

Peter de Wolf. *Kusterosie en verzanding van het Zwin.*

Dieter Vandeveld. *Monitoring van de verdrogings- en verziltingsproblematiek in het kustgebied.*

Emmanuel Van Houtte. *Waterwinning in de duinen.*

Nathalie Van Meir & Luc Lebbe. *3D-simulering van de effecten van een zeespiegelstijging op de verdeling van zoet en zout water rond De Haan.*

Christian De Meyer, W. Leroy, G. Bellue & Bernard Lahousse. *"Côte d'Opale", een voorbeeld van geïntegreerd kustzonebeheer.*

Jean Berlamont. *Beschouwingen over kustonderzoek.*

### Duurzaam gebruik van de zee

Michael Fettweis & Dries Van den Eynde. *Modellering van het fijnkorrelige sedimenttransport en de baggerspeciestortingen op het Belgisch continentaal plat.*

Marcel Van Parys, Guido Dumon, Alain Pieters, Stijn Claey, Jean Lanckneus, Vera Van Lancker, Marnix Vangheluwe, P. Van Sprang, Lode Speleers & Colin Janssen. *Milieugeurichte monitoring van baggerwerkzaamheden MOBAG 2000.*

Koen Degrendele, Marc Roche & Patrik Schotte. *Project Zandwinnings: Monitoring van de impact van de zandwinnings op de morfologie van de banken.*

Dirk De Brauw. *Wrakkenruiming en de bijhorende problematiek.*

Geert Palmers, Luc Dewilde & Yves Cabooter. *Offshore Windenergie in België en de EU: Situering, potentieel en implementatie.*

Ad Stolk. *Beheren met beleid.*

## GEÏNTEGREERD BEHEER VAN KUSTGEBIEDEN EN HET SOCIO-ECONOMISCHE ASPECT: DE BELGISCHE SITUATIE

Kathy Belpaeme

Kathy Belpaeme, coördinator Geïntegreerd beheer van kustgebieden. P/a VLIZ; Vismijn, pakhuizen 45-52, B-8400 Oostende. Tel: 059/34.21.41. E-mail: [kathy.belpaeme@west-vlaanderen.be](mailto:kathy.belpaeme@west-vlaanderen.be)

### Inhoud

1. Het begrip "Geïntegreerd beheer van kustgebieden"
2. Het Europees kader voor Geïntegreerd beheer van kustgebieden
3. Knelpunten voor Geïntegreerd beheer van kustgebieden in België
4. De socio-economische situatie aan de Belgische kust
5. Besluit

### 1. Het begrip "Geïntegreerd beheer van kustgebieden"

"De kustzone" is een strook land en zee van uiteenlopende breedte, die bestaat uit dat deel van het land dat beïnvloed wordt door zijn nabijheid tot de zee en dat deel van de zee dat beïnvloed wordt door zijn nabijheid tot het land, en de natuurlijke kustsystemen en de gebieden waarbij menselijke activiteiten het gebruik van kustbronnen impliceren, omvat".

Wat we hier onder kustzone verstaan zal zelden overeenkomen met een administratieve of plannings eenheid of afbakening. Het natuurlijk kuststelsel in de gebieden waarin de menselijke activiteiten zich ontplooiën en gebruik maken van natuurlijke rijkdommen kan daarom soms over territoriale grenzen heen gaan, alsook enkele kilometers landinwaarts reiken.

Geïntegreerd beheer van kustgebieden = "een voortdurend proces met als algemene doelstelling de verwezenlijking van duurzame ontwikkeling in de kustzone door middel van een optimaal beheer van de menselijke activiteiten in deze zone, teneinde de toestand van het kustmilieu te verbeteren en zijn diversiteit te handhaven" (Europese Commissie).

Duurzame ontwikkeling = "die ontwikkeling die gericht is op bevrediging van de noden van het heden zonder deze van de komende generaties in het gedrang te brengen, en waarvan de realisatie een veranderingsproces vergt waarin het gebruik van hulpbronnen, de bestemming van investeringen, de gerichtheid van technologische ontwikkeling en institutionele veranderingen worden afgestemd op zowel toekomstige als huidige behoeften" (Brundtland-rapport, 1987)<sup>1</sup>.

Een geïntegreerde benadering is er een waarbij de verschillende spelers -of het nu groepen, sectoren of bestuursniveaus zijn- met elkaar rekening gaan houden, en gezamenlijk tot een aanvaardbare oplossing proberen te komen. Eenzijdige benaderingen horen hier niet thuis. Dit is zeker niet gemakkelijk en het biedt geen ultieme oplossing, maar noodzakelijk is het wel.

<sup>1</sup> Rapport van de Wereldcommissie voor Milieu en Ontwikkeling (CMED, 1987). Ook bekend als het Brundtland-rapport.



Zoals al even aangehaald kan aan de kust niet één functie toegekend worden. Het is een gebied waar visserij, toerisme en recreatie, landbouw, energieproductie, kustvervoer en handel, cultureel erfgoed, esthetiek, verdediging van het land tegen de kracht van de zee, natuurontwikkeling, enz. allemaal hun plek zoeken. Een gebied bij uitstek met vele functies en vele belanghebbenden, elk met hun eigen wensen en toekomstplannen. Het spreekt voor zich dat overleg en samenwerking tussen de sectoren (horizontale integratie) en beleidsniveau's (verticale integratie) noodzakelijk is bij goed beheer, dat het beleid en de toekomstplannen op elkaar moeten afgestemd worden en dat schaal- en tijdsniveaus moeten overeenkomen. Als deze moeilijke taak volbracht wordt kunnen we spreken van een **geïntegreerde aanpak**.

Wat wordt dan precies bedoeld met "Geïntegreerd beheer van kustgebieden" of "Integrated Coastal Zone management"? De finaliteit is te komen tot duurzame ontwikkeling van het kustgebied. Daarbij zijn drie aspecten belangrijk. Naast de menselijke ingrepen zijn er natuurlijk ook de fysische omgevingsparameters: zeespiegelstijging, erosie, zandtransport, om maar enkele te noemen. Ecologie gaat dan ook een heel belangrijke rol gaan spelen bij duurzaam kustzonebeheer. Maar niet enkel ecologie. Uit voorgaande voorbeelden rond havens, industrie, toerisme blijkt onmiddellijk dat ook ECONOMIE van groot belang is. En ten slotte is er ook "de mens". Ook hoe wij ons organiseren, hoe we werken en hoe we leven is belangrijk. Dat brengt ons bij de derde factor van kustzonebeheer: de SOCIALE.

Door te werken aan deze drie pijlers (SOCIAAL, ECONOMISCH en ECOLOGISCH) moeten wij proberen de stoel of driepikkel van duurzame ontwikkeling in evenwicht te brengen en houden.

## **2. Het Europees kader voor Geïntegreerd beheer van kustgebieden**

De Europese Unie besteedt sinds begin jaren '90 bijzonder aandacht aan Geïntegreerd beheer van kustgebieden. Vertrekkende van het principe van duurzame ontwikkeling heeft de Raad van de Europese Unie op 6 mei 1994 de Resolutie 94/C 135/02 betreffende een communautaire strategie voor geïntegreerd beheer van de kustzone aangenomen. Het verzoekt de lidstaten om hun inspanningen te intensiveren, opdat de bescherming van de kustzone in de gehele Europese Gemeenschap kan worden opgevoerd.

In 1996 startte de Europese Commissie een demonstratieprogramma op over Geïntegreerd beheer van kustgebieden. Het betrof een samenwerking tussen de directoraten-Generaal van Milieu, Visserij, Regionaal beleid en de Directoraten-Generaal verantwoordelijk voor onderzoek en informatie. Aan het demonstratieprogramma namen 35 projecten in 13 Europese landen deel. De resultaten van het demonstratieprogramma leverden het basismateriaal voor het opstellen van een Europese strategie voor kustzonebeheer.

Als voornaamste problemen aan de Europese kusten signaleerde de Commissie:

- Slecht geplande toeristische ontwikkelingen, met ernstige ecologische problemen, economische en sociale problemen tot gevolg
- De achteruitgang van de visserij
- Slecht ontworpen vervoersnetten
- Toenemende urbanisatie, momenteel nog zeer sterk in ontwikkeling in Zuid-Europa.
- Erosie, enerzijds door natuurlijke processen, anderzijds onder invloed van menselijke ingrepen
- Verontreiniging, zowel op zee, als verontreiniging afkomstig van op het land
- Vernietiging van habitats

De EC stelt als oplossing een communautair beleid voor kustgebieden voor. Op 27 september 2000 werd een Mededeling van de Commissie aan de Raad en het Europees Parlement inzake een strategie GKZB goedgekeurd (COM (2000) 547). Een van de elementen van de strategie is een "Voorstel voor een aanbeveling van het Europees Parlement en de Raad betreffende de uitvoering van een Geïntegreerd beheer van kustgebieden". Op 3 oktober 2001 werd een politiek akkoord bereikt in de Raad van de Europese Unie over dit voorstel en op 13 december 2001 legden het Europees parlement en de Europese Raad hun gezamenlijk standpunt voor met het oog op de aanneming van de aanbeveling.

In de aanbeveling wordt aangegeven dat de lidstaten een nationale inventarisatie dienen uit te voeren om te analyseren welke partijen, wetten en instellingen de planning en het beheer van het kustgebied beïnvloeden. Op basis van de inventarisatie dienen de lidstaten vervolgens een nationale strategie te ontwikkelen voor de uitvoering van de beginselen van GBKG.

In de nationale strategie wordt het nuttig geacht om:

- De respectievelijke rollen van de verschillende bestuursniveaus te identificeren;
- De geschikte combinatie van instrumenten voor de uitvoering van GBKG op nationaal, regionaal en lokaal niveau (zowel de wettelijke als bestuurlijke instrumenten) te identificeren;
- Nationale strategische plannen te ontwikkelen ter bevordering van geïntegreerd beheer;
- Publieke toegang voor recreatiedoeleinden te voorzien, zonder afbreuk te doen aan de bescherming van gevoelige gebieden;
- Contractuele overeenkomsten of convenanten met de gebruikers van de kustgebieden te ontwikkelen;
- Economische en fiscale stimuleringsmaatregelen toe te passen;
- Mechanismen voor regionale ontwikkeling aan te wenden;
- Nationale, regionale en plaatselijke wetgeving, beleid en programma's te ontwikkelen, zowel voor op zee als op het land;
- Deelname van het publiek te stimuleren;
- Bronnen voor duurzame financiering te identificeren;
- Nagaan hoe communautaire wetgeving en beleid met gevolgen voor het kustgebied volledig en op gecoördineerde wijze kan worden uitgevoerd en toegepast;
- Voorzien in monitoringsystemen en een goede informatieverspreiding;
- Bepalen hoe nationale opleidings- en onderwijsprogramma's de uitvoering van de beginselen van GBKG kunnen ondersteunen;

Bovendien wordt in de aanbeveling bijzondere aandacht besteed aan samenwerking tussen lidstaten en aan 5-jaarlijkse rapportage over de resultaten en toetsing. Ook wordt aanbevolen dat de Commissie na 6 jaar de aanbeveling zou moeten herzien en bij het Europees Parlement en de Raad een evaluatieverslag moet indienen. Op dat ogenblik kunnen dan verdere communautaire maatregelen voorgesteld worden.

### 3. Belemmeringen voor geïntegreerd beheer het kustgebied in België

Om het tij te doen keren naar een geïntegreerd beheer van de kustzone in België moeten nog een aantal belemmeringen aangepakt worden.

De prioritaire belemmeringen zijn:

1. geen bestuurlijk kader voor de verankering van geïntegreerd kustzonebeheer: momenteel wordt kustzonebeheer vanuit de sectoren ingevuld, de pogingen tot integratie worden projectmatig aangepakt. Na afloop van deze projecten is dikwijls geen mogelijkheid voorzien om de initiatieven verder te zetten, of om de acties in daden om te zetten. De projecten zijn meestal ingebed binnen één departement of afdeling. Aangezien geïntegreerd beheer van kustgebieden een complexe zaak is, is dit niet de meest ideale situatie.
2. versnippering van de bevoegdheden in de kustzone: er is enerzijds de sectorale opsplitsing van de bevoegdheden die het nemen van beslissingen voor complexe problemen soms bemoeilijkt. Maar heel typisch voor de kustzone is de opsplitsing van de bevoegdheden tussen de Vlaamse overheid en de federale staat. De bevoegdheid van het Vlaams Gewest stopt aan de laagwaterlijn van de gemiddeld laag laagwaterspring (ook de nullijn van de kust benoemd). Zeewaarts van deze nullijn is de federale overheid bevoegd. Enkele bevoegdheden op zee blijven wel Vlaamse bevoegdheid, het betreft activiteiten op het vlak van de waterwegen en hun aanhorigheden, de havens en hun aanhorigheden, de zeewering, de loodsdiensten en de bebakeningsdiensten van en naar de havens en de reddings- en sleepdiensten op zee.
3. geen juridisch kader voor kustzonebeheer: er is geen wettelijk kader dat geïntegreerd werken mogelijk maakt. Het betreft opnieuw in de eerste plaats een samenwerking tussen bevoegdheidsniveaus (bv. Vlaams gewest en de federale staat), maar anderzijds een samenwerking tussen ministeries met elk hun specifieke bevoegdheid.
4. sectorale benadering: vele sectoren zijn actief in de kustzone en elk willen ze hun plaats in de beperkte 65 km lange zone. Ze benaderen hun beleid en activiteiten dikwijls zuiver vanuit een sectoraal standpunt. Een multisectorale benadering is echter de enige lange termijnoplossing.
5. gebrek aan monitoring: met monitoring wordt bedoeld dat een set basisgegevens continu opgevolgd worden in de tijd. Het bijhouden van relevante gegevens zou een belangrijk beleidsondersteunend instrument vormen.
6. geen systematisch overleg en communicatie voor de kustzone: hierbij moet niet enkel aandacht besteed worden aan overleg tussen sectoren, maar ook overleg tussen bestuursniveau's en communicatie met de "levende krachten" in het veld is van cruciaal belang om een draagvlak voor kustzonebeheer te kunnen creëren. Tenslotte moet ook gedacht worden aan "interne communicatie", ook binnen besturen moet duidelijk afgelijnd worden wat bedoeld wordt met "geïntegreerd kustzonebeheer" en wat de implicaties hiervan zijn.

### 4. De socio-economische situatie aan de Belgische kust

#### 4.1 Sociale gegevens voor de Belgische kust

Ongeveer 20% van de West-Vlaamse bevolking woont aan de kust, of zo'n 2 % van de totale Belgische bevolking<sup>2</sup>. Heel specifiek voor de kust is dat de bevolkingsdichtheid in de kustgemeenten zeer hoog is in

---

<sup>2</sup> Aantal inwoners dd. 2001 in de kustgemeenten: De Panne: 9.722; Koksijde 19.729; Nieuwpoort: 10.261; Middelkerke: 16.583; Zeebrugge (excl. Brugge): 6.030; Oostende: 67.279; Bredene: 14.076; De Haan: 11.355; Blankenberge: 17.414;

vergelijking met de rest van West-Vlaanderen (358/km<sup>2</sup>) en Vlaanderen (438/km<sup>2</sup>). Blankenberge, Bredene en Oostende springen direct in het oog. Vanuit economische invalshoek is de kust dus potentieel een plaats waar veel arbeidskrachten kunnen gerekruteerd worden.

(Blankenberge: 1000/km<sup>2</sup>

Brugge: 534/km<sup>2</sup>

Knokke-Heist: 578/km<sup>2</sup>

Bredene: 1030/km<sup>2</sup>

Middelkerke: 213/km<sup>2</sup>

Oostende: 1804/km<sup>2</sup>

De Panne: 417/km<sup>2</sup>

Koksijde 441/km<sup>2</sup>

Nieuwpoort: 32/km<sup>2</sup>)

Het is niet algemeen geweten dat de kust te kampen met een heel specifieke sociale problematiek. Een teken aan de wand is dat 5 van de 7 West-Vlaamse SIF+ gemeenten<sup>3</sup> kustgemeenten waren in de periode 2000-2002. Het betreft De Panne, Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge en Brugge. De verdeling van de SIF-middelen gebeurt aan de hand van een aantal persoons- en omgevingsgebonden criteria. De gemeenten waar op basis van de criteria de achterstellingsproblematiek het sterkst aanwezig en voelbaar is, krijgen extra middelen. Dit zijn de SIF+ gemeenten. Prioritaire thema's voor de kust zijn betaalbare kwalitatieve huisvesting voor sociaal zwakkeren, opleiding en tewerkstelling voor laaggeschoolden, jongeren en senioren.

Ook wat huisvesting betreft heeft de kust een zeer specifiek karakter door het groot aandeel tweede verblijven en vakantiehuiswoningen. In 6 van de 10 kustgemeenten is het aandeel van tweede verblijven en huurvakantiewoningen meer dan 50%<sup>4</sup>. Anderzijds stijgen in verscheidene kustgemeenten de koopprijzen van woningen en bouwgrond en de huurprijzen van woningen dermate dat de plaatselijke kustbevolking tot verhuizing naar goedkopere plaatsen wordt gedwongen en geleidelijk aan wordt vervangen door materieel beter gegoede tweedeverblijvers en gepensioneerden uit het binnenland, wat resulteert in een veroudering van de kustbevolking (de zogenaamde pensioensmigratie).

Verder heeft de kust door het toerisme met specifieke problemen te kampen: mobiliteitsproblemen, drinkwatertekort in het piekseizoen, pieken in afvalproductie per hoofd.

Vanuit het *sociale perspectief* van Geïntegreerd beheer van kustgebieden moet getracht worden om de kust als een leefbaar plek voor de lokale en tijdelijke bewoners uit te bouwen. Kwalitatieve huisvesting, gezonde werkgelegenheid, een goed sociaal weefsel zijn hierbij belangrijke aandachtspunten.

---

Knokke-Heist: 33.148. Totaal aantal inwoners in West-Vlaanderen: 1.128.774. Gegevens overgenomen uit het jaarboek van de provincie West-Vlaanderen 2001.

<sup>3</sup> SIF = Sociaal Impuls Fonds. Met dit fonds wil de Vlaamse regering de lokale aanpak inzake het herstel van de leef- en omgevingskwaliteit van achtergestelde buurten en de bestrijding van kansarmoede ondersteunen.

<sup>4</sup> Gegevens uit rapport van WES Onderzoek van de tweede woningen in de kustgemeenten. 1998. Knokke-Heist 54%, Zeebrugge: 10%, Blankenberge: 41%, De Haan: 54%, Bredene: 9%, Oostende: 18%, Middelkerke: 66%, Nieuwpoort: 59%, Koksijde: 62%, De Panne: 53%.



Op de zuiver sociale aspecten wordt hier niet verder ingegaan (hoge seizoenstewerkstelling, huisvesting, leefbaarheidsproblematiek). Twee economische aspecten van de kustzone worden meer in detail behandeld.

1. De "harde" economische sector: haven en industrie aan de kust.
2. het kusttoerisme. De kust is de voornaamste toeristische attractiepool van de provincie West-Vlaanderen.

#### 4.2. Economie algemeen (excl. Toerisme)

Drie belangrijke groepen kunnen onderscheiden worden binnen de bezoldigde werkgelegenheid aan de kust (stand van zaken 1998):

- (1) landbouw en visserij (goed van 0,8% van het totaal);
- (2) industrie en bouw (goed voor 15% van het totaal)
- (3) handel en diensten (goed voor 84,2%).

Wat opvalt is dat de kust voornamelijk gericht is op handel en diensten. Het aantal bezoldigden in de handel en diensten is zeer hoog in het kustgebied. De industrialiseringsgraad is daarentegen zeer laag in de kuststreek. Wat bedrijven betreft zijn de grote ondernemingen vooral te vinden in Brugge en Oostende. In 4 van de 10 kustgemeenten zijn er enkel KMO's en geen grote ondernemingen.

Een meer gedetailleerde economische analyse van het kustgebied werd uitgevoerd ter voorbereiding van het doelstelling-2 programma<sup>5</sup> aan de kust. De kust werd erkend als doelstelling-2 gebied vanwege de sterke achteruitgang van de kustvisserij.

Een zeer groot deel van de economische activiteiten aan de kust situeren zich in de beide kusthavens. De haven van Oostende en de zeehaven van Zeebrugge. De Vlaamse overheid wenst een samenwerking tussen alle Vlaamse zeehavens te stimuleren. Momenteel wordt gewerkt aan strategische plannen voor de individuele havens. Hopelijk komt er binnenkort een visie op de relaties tussen de havens onderling.

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de situatie in elk van deze havens.

#### 4.3. De haven van Oostende

(Gegevens bekomen uit jaarverslag 2000).

De haven van Oostende wil zich op commercieel vlak vooral focussen op de Short Sea-verbindingen. Men wil diversifiëren in trafiekstromen en in de bestemmingen. Nieuwe trafieken zijn onder andere zout en waterglas. De ro-ro trafiek was in 2000 goed voor zo'n 114.631 eenheden. De traditionele cargo (bulk, stukgoed en projectcargo) was goed voor zo'n 1.663.377 ton. Opmerkelijk bij de haven van Oostende is de verminderde activiteit op de chemische site, wat zich uit in een daling van het vervoer van chemicaliën en kunstmeststoffen.

In 2000 steeg de trafiek met zo'n 40% tot een totale haventrafiek van 4.307.026 ton (in 1998 en 1999 werden dalingen geregistreerd in de totale haventrafiek). Belangrijkste cargo wordt gevormd door grint en zand en cement en klei.

---

<sup>5</sup> Doelstelling-2 gebieden zijn gebieden die te kampen hebben met structurele sociale en economische reconversie problemen. Zie ook Deel 1: Beschrijving van de actuele situatie in het doelstelling-2 gebied Kustvisserijgebied.



Het totaal aantal passagiers en autotrafiek liep in 2000 terug met 7,6% en 2,5% tot 908.413 passagiers en 175.022 auto's. Deze terugval zou volgens het havenbestuur te wijten zijn aan de afschaffing van de tax-free verkoop. De onregelmatige passagiersverbindingen vanuit Oostende kunnen potentieel een verdere achteruitgang teweeg brengen.

In de haven van Oostende werd de laatste jaren geïnvesteerd in heel wat nieuwe infrastructuur (bv. het zeewezendok, de cruisekaai). Ook de plannen om twee havendammen uit te bouwen in zee en de havenmonding verder uit te diepen zullen belangrijke invloed hebben op het functioneren van de haven. Tenslotte zal ook de ontwikkeling van de industrieterreinen te Plassendaale een invloed hebben op het functioneren van de haven.

#### Enkele cijfergegevens voor de zeescheepvaart:

- Aantal schepen: 4.103
- Totaal aantal passagiers (ferries, ro-ro, cruise): 908.413
- Totaal tonnage: 4.307.026

#### 4.4. De haven van Zeebrugge

(Gegevens bekomen uit het jaarverslag 2000).

De haven van Zeebrugge staat vooral bekend om z'n ro-ro-traffic en de doorvoer van wagens. In 2000 werden meer dan 1 miljoen nieuwe wagens verscheept via Zeebrugge. Hierdoor werden ze samen met Bremerhaven Europees marktleider. In 2000 realiseerde de conventionele ladingen een groei van 25,9%. Dit is in belangrijke mate te wijten aan de behandeling van groenten en fruit alsook de distributie van fruitsappen. Een nieuwe lading is het papierpulp.

Een duidelijke verschuiving was in 2000 merkbaar wat betreft de vaste bulk: hiervoor werd een daling van 50% genoteerd. Marktverschuivingen, het gebruik van nieuwe technieken en een verminderde vraag liggen aan de basis van de beslissing om de kolen- en ertsenterminal te sluiten. De aanvoer van vaste bulk bestaat nu voornamelijk uit aanvoer voor de bouwsector (zand en grint).

Zowel de haven van Oostende als deze van Zeebrugge vertonen interesse voor het cruise-toerisme. In 2000 meerden 34 cruiseschepen aan in Zeebrugge, 3 in Oostende.

#### Enkele cijfergegevens voor de zeescheepvaart:

- Aantal schepen: 10.689
- Totaal aantal passagiers: 651.083
- Tonnenmaat (BT): 90.917.440
- Goederenverkeer (in ton): 651.083 (ontscheept + ingescheept)
- Samenstelling van het goederenverkeer (in ton): stukgoederen: 65%, vloeibare producten: 22,6%, stortgoederen (kolen, cokes en bouwmaterialen): 12,3%.
- Tewerkstelling in de haven van Zeebrugge:  
Binnen de havenzone zijn meer dan 350 bedrijven actief. Zo'n 11.000 personen zijn tewerkgesteld in de haven.

#### 4.5. Visserij

In drie van onze kustgemeenten vinden we een vissershaven met een visveiling: Oostende, Nieuwpoort en Zeebrugge. De visserij-activiteiten aan de Belgische kust kennen een dalende trend. In 2000 telde de visserijvloot van België nog zo'n 127 schepen. In 1950 waren dit er nog 457 (in 1960 415, in 1970 332, in 1980 208). Samen met de afname in het aantal vissersvaartuigen manifesteerde zich eveneens een daling in het aantal aangemonsterde bemanningsleden of de rechtstreekse tewerkstelling die wordt geboden in de zeevisserij.

Ook de globale tewerkstelling in de visserijsector blijft een negatieve trend aanhouden, zowel in de primaire sector (over de periode 1986-1986: - 24%) als in de visserijsector met de nevenactiviteiten (voor de periode 1992-1996: - 6,5%).

Wat het aanvoervolume in Belgische havens (17.580 ton in 2000) betreft, wordt een trendmatige daling vastgesteld. Desondanks is er geen opmerkelijke daling in de aanvoerwaarde (besomming) te melden over de laatste 20 jaar (2,5 miljard BF in 2000). De prijsstijging van de visproducten zal hier zeker gedeeltelijk toe bijdragen.

Onze visserijsector kampt met een aantal specifieke problemen. De concurrentie met de visserijvloot van andere landen en de overbevissing van bepaalde vissoorten die leidde tot het op Europees niveau opleggen van vangstquota en in sommige gevallen zelfs van een tijdelijk vangstverbod dragen hiertoe bij. Verder maakt ook de dalende interesse voor het vissersberoep bij jongeren een heropleving van de visserij niet gemakkelijker. Om deze interesse op te wekken loopt nu al voor het tweede jaar op rij de campagne "Zee kiezen".

De visserijsector kan volgende kansen in zijn voordeel benutten: de marktvraag stijgt, enerzijds door het positieve imago van de vis en het meer negatieve imago van vlees en er is een groeiende aandacht voor de sector van overheidswege wat op beleidsvlak een weerslag heeft. Bovendien is er ook een toename in de middelen voor de visserij (bv. FIVA), wat extra investeringen mogelijk maakt.

De visserijsector kon de laatste jaren bovendien rekenen op extra financiële steun van een aantal Europese programma's zoals doelstelling 5a, doelstelling 5b en het communautair initiatief Pesca. Dit maakte het mogelijk heel wat onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten uit te voeren. Zo werd er onderzoek verricht naar viskwaliteitsverhoging (bv. sorteren aan boord, milieuvriendelijke visserijmethode voor de garnalvisserij), naar beter beheer van specifieke soorten in de Noordzee en naar verhogen van de veiligheid in de sector. In doelstelling 5a werden ook middelen ingezet voor de vernieuwing en modernisering van de vissersvloot, de verbetering van de losfaciliteiten en andere dienstverlenende kade-uitrusting, de verbeteringen van de hygiënische omstandigheden en koeluitrusting in de vissershavens, de diversificatie in de visverwerking en de promotie van visproducten.

#### 4.6. Het kusttoerisme en de economische betekenis ervan

Een grondige analyse van het kusttoerisme werd de laatste jaren uitgevoerd door het provinciaal autonoom bedrijf Westtoer ter voorbereiding op het Strategisch beleidsplan voor toerisme en recreatie aan de kust (ontwerp versie december 2001). Een uitgebreide analyse van alle sterkten en zwakten voor het toerisme aan de kust kan in dit document geraadpleegd worden.

De grote problemen aan de kust kunnen in volgende krachtlijnen samengevat worden:

1. de *ruimtelijke planning* en de toeristische ontwikkelingen in het verleden verzwakten het globale toeristisch-recreatieve product aan de kust. Enkele van de hiermee gepaard gaande negatieve effecten zijn onder andere de weinig aantrekkelijke appartementsblokken aan de kust die het landschap sterk domineren, de aanwezigheid van toeristisch-recreatieve voorzieningen in de polders wat vaak resulteert in een weinig aantrekkelijk polderfront, verkeerd gezoneerde kampeerterreinen in de polders en duingebieden en een verticale verdichting van de zones achter de dijk vanwege de steeds groeiende vraag naar tweede verblijven.

In de toekomst zullen nieuwe instrumenten voor ruimtelijke ordening (structuurplannen, ruimtelijke uitvoeringsplannen) tot een betere ruimtelijke ordening en meer doordachte keuzes moeten leiden.

2. in het verleden werden de *toeristisch-recreatieve ontwikkelingen vooral gebaseerd op de vraag*. De aanpak hierbij is dikwijls zeer fragmentarisch, getuigen niet van lange termijn denken, zijn dikwijls onvoldoende professioneel aangepakt, en besteden weinig aandacht aan duurzaam en zuinig omspringen met het natuurlijk systeem. De toeristische sector wil in de toekomst een gestuurde, pro-actieve ontwikkeling stimuleren die rekening houdt met de wijziging in de vraag, met de concurrentie en met de lange termijn belangen van de kust.
3. de kust wordt steeds meer een tweede verblijfsbestemming en een bestemming voor dagtoerisme i.p.v. voor verblijfstoerisme. De groeiende vraag naar tweede verblijven en de pensioenmigratie brengt de commerciële logiesvormen in het gedrang. Dit resulteert in een dalend aanbod van logies die voor iedereen toegankelijk zijn. Het dagtoerisme brengt een aantal zeer specifieke problemen met zich mee, bijvoorbeeld problematiek rond mobiliteit en afval.
4. er is onvoldoende samenwerking op het niveau van de kust als een samenhangende regio. De concurrentie wint het nog steeds van de wil om samen te werken.
5. er is een beperkt overleg tussen diverse sectoren die belangrijk zijn voor het kustproduct en er is een gebrek aan een intern managementinformatiesysteem.

De socio-economische betekenis van het kusttoerisme die kan bekeken worden aan de hand van de omzet en de tewerkstelling.

Wat de omzet betreft gelden volgende cijfers voor 2000:

Type toerisme	Aantal overnachtingen of trips	Omzet in miljoen EUR
Commercieel verblijfstoerisme	17,2 miljoen	664,35
Tweede verblijfstoerisme	16,0 miljoen	542,89
Dagtoerisme	30,6 miljoen	379,23
Totaal	63,8 miljoen	1586,52

(excl. de omzet gegenereerd door overnachtingen in jachthavens)

Vanuit de dienst toerisme werd ook getracht de tewerkstelling als gevolg van toerisme en recreatie te becijferen. De geregistreerde bezoldigde werkgelegenheid in toerisme en recreatie aan de kust telde op 30 juni 1999 bijna **8.600 werknemers** (voor het geheel van West-Vlaanderen was dit 18.244). Dit is een stijging met zo'n 10% in vergelijking met 1992.

Toerisme is ongetwijfeld de belangrijkste economische activiteit in de kustzone. Wat de toekomstige ontwikkelingen betreft wil het beleid groeien naar een kusttoerisme dat op een duurzame manier de maatschappelijke recreatieve behoeften van de Belgen opvangt, alsook de socio-economische positie van het toerisme in de regio veiligstelt.

Wat betreft de toekomstige ontwikkelingen en investeringen aan de kust wordt in het beleid duidelijk de kaart getrokken van een kwalitatief toerisme, en niet van een verdere industriële ontwikkeling in de kustgemeenten.

## 5. Conclusies

Hoe meer partijen geïnteresseerd zijn in een gebied, hoe complexer de situatie wordt. Dit is het geval aan de Belgische kust met z'n lengte van zo'n 65 km. Enerzijds dus geen grote afstand om te beheren, maar anderzijds betekent dit dat er een grotere druk is op de beperkte ruimte.

Vanuit Geïntegreerd beheer van kustgebieden wordt getracht de vragen en problemen te analyseren vertrekkende vanuit een visie van duurzaam beheer van de kustzone. De geïnteresseerde partijen maken gebruik van een natuurlijk ecosysteem. Een eerste vereiste is dus dat dit ecosysteem in goede toestand hersteld wordt en dat bij toekomstige ontwikkelingen de draagkracht ervan niet overschreden wordt. Vervolgens kan voor alle activiteiten afgewogen worden wat kan en wat wenselijk is om te zorgen voor een gezonde sociale omgeving en een gezonde economie die de duurzame ontwikkeling ondersteunen.

Een vraag die hierbij rijst is welke toekomstvisie we dan wel voor ogen hebben voor die kust. Over een uitgeschreven, geïntegreerde visie beschikken we op vandaag niet. Wel werd in 1996 een ecosysteemvisie voor de kust voorgesteld.

In het TERRA-Coastal Zone Management project werd een voorstel gedaan van algemene uitgangsprincipes voor Geïntegreerd beheer van kustgebieden. Dit voorstel heeft echter geen weerslag in een beleidsdocument, en werd nog niet besproken met de gemeenten, het maatschappelijk middenveld en de private sector.

De geïntegreerde benadering kan vergeleken worden met een gebiedsgerichte aanpak, waarbij men tracht te komen tot consensus tussen de verschillende partijen. Hoe dit bestuurlijk en wettelijk ook gedragen kan worden is een vraagstuk dat we in de nabije toekomst moeten uitpluizen.

Ik hoop dat uit deze voordracht duidelijk geworden is dat Geïntegreerd beheer van kustgebieden per definitie een gedeelde verantwoordelijkheid is waaraan de overheid, de private sector en de burgers elk kunnen bijdragen. De bereidheid om samen te werken en open te staan voor voorstellen van de andere sectoren is een eerste cruciale stap.

## Bibliografie

- Beschrijving van de actuele situatie in het Doelstelling 2-gebied kustvisserijgebied (april 2000). GOM West-Vlaanderen in opdracht van provinciebestuur West-Vlaanderen.
- Ontwerp Strategisch Beleidsplan voor Toerisme en Recreatie aan de kust (december 2001). West-Vlaams provinciebedrijf voor Toerisme en Recreatie (Westtoer)
- TERRA Coastal Zone Management: Aanbevelingen voor een geïntegreerd beheer van het kustgebied (juni 2001). Provinciebestuur West-Vlaanderen in opdracht van het minister van de Vlaamse Gemeenschap (Administratie Waterwegen en Zeewezen, afdeling Waterwegen Kust).
- Onderzoek van de tweede woningen in de kustgemeenten (augustus 1998). Westvlaams Economisch Studiebureau in opdracht van het provinciebestuur West-Vlaanderen.
- Jaarverslag 2000. Haven Oostende.
- Jaarverslag 2000 Haven Brugge-Zeebrugge. Maatschappij van de brugse zeevaartinrichtingennv (MBZ)
- De Belgische Zeevisserij: aanvoer en besomming (jaarverslag 2000). Minister van Middenstand en Landbouw, bestuur voor het landbouwbeleid, dienst Zeevisserij.
- Ontwerp Provinciaal Ruimtelijk structuurplan West-Vlaanderen (juni 2000). Provinciebestuur West-Vlaanderen.



## HET BEHEER VAN DE NIET-LEVENDE RIJKDOMMEN OP HET BELGISCH CONTINENTAAL PLAT

Brigitte Lauwaert

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM), Gulledele 100, 1200 Brussel. Tel: 02/773.21.20. Fax 02/770.69.72.

E-mail: [b.lauwaert@mumm.ac.be](mailto:b.lauwaert@mumm.ac.be)

---

### Inleiding

De Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee is het 6de departement, m.n. het departement « Beheer van het mariene ecosysteem » van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), een federale wetenschappelijke instelling die valt onder de Federale Diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (DWTC).

Management of beheer is één van de 3M-strategieën volgens dewelke de BMM werkt. De andere M's staan voor modellering en monitoring. Beheer van het mariene milieu is noodzakelijk omdat het mariene ecosysteem onder druk staat van allerlei vormen van vervuiling en menselijke activiteiten. Bescherming van dat systeem en permanente kwaliteitsverbetering zijn dan ook een zaak van iedereen : diverse samenwerkingsakkoorden en overlegstructuren dragen daartoe bij.

In de praktijk wordt deze vervuiling en druk op het mariene ecosysteem onderverdeeld naargelang zij afkomstig zijn van het land, of het gevolg van activiteiten op zee of het gevolg van ongevallen. Steeds meer wordt gekozen voor een geïntegreerde aanpak die het natuurbehoud en de bescherming van de biologische verscheidenheid tot doel heeft.

In deze uiteenzetting zal voornamelijk het onderdeel vervuiling en druk ingevolge activiteiten op zee worden toegelicht.

### Activiteiten op zee

Onder de activiteiten op zee vallen : het storten in zee van baggerspecie, de exploitatie van zand en grind, oude munitiestortplaats de Paardenmarkt en enkele totaal nieuwe activiteiten zoals windmolenparken en offshorebunkering. In deze uiteenzetting zal voornamelijk het beheer van het storten in zee van baggerspecie meer in detail worden besproken.

#### Storten in zee van baggerspecie

##### 1. *Belgisch (juridisch) kader*

De maritieme toegangswegen tot de Belgische kusthavens en het op diepte houden van de Vlaamse kusthavens vereist dat (bijna) continu wordt gebaggerd. Het baggeren zelf, dit wil zeggen waar, hoe diep, enz. valt onder de bevoegdheid van het Vlaamse Gewest. Deze grote hoeveelheden baggerspecie die in min of meerdere mate kan verontreinigd zijn, wordt in zee teruggestort en kan een invloed hebben op het mariene ecosysteem. Het terugstorten in zee van baggerspecie valt onder de bevoegdheid van federaal Leefmilieu.

Het beheer van baggerspecie is dus een gemengde bevoegdheid. Hiervoor werd op 12 juni 1990 een samenwerkingsakkoord ondertekend tussen de Belgische Staat en het Vlaamse Gewest. Dit samenwerkingsakkoord stipuleert o.m. dat de verschillende beleidsaspecten met betrekking tot baggerspecie in gezamenlijk overleg dienen uitgewerkt te worden, dat alle mogelijkheden dienen onderzocht (en uitgevoerd) te worden die de nadelige milieu-effecten verminderen en/of uitsluiten.

Het storten in zee van baggerspecie is conform de wet Marien Milieu van 20.01.99 gebonden aan de aflevering van een vergunning. Voor het storten in zee van baggerspecie afkomstig van de activiteiten door het Vlaamse Gewest ondernomen, is de procedure voor het bekomen van een vergunning opgenomen in het K.B. van 12 maart 2000.

## 2. *Internationaal (juridisch) kader*

Bij het storten in zee van baggerspecie moeten de milieu-effecten speciale aandacht krijgen. Het Verdrag inzake de bescherming van het mariene milieu van de Noord-Oostelijke Atlantische Oceaan, 1992 (het OSPAR-Verdrag) dat door België geratificeerd werd, vormt het internationale kader waarin deze leefmilieu-aspecten worden beheerd. Conform OSPAR is het storten in zee verboden mits enkele uitzonderingen waaronder baggerspecie. OSPAR bepaalt eveneens dat het storten in zee van baggerspecie een vergunning vereist van de bevoegde overheid en dat de storting dient te gebeuren conform de criteria, richtlijnen en procedures die door de OSPAR Commissie worden opgesteld. De specifieke « OSPAR-Richtlijnen voor het beheer van baggerspecie » (1998) worden door België dan ook toegepast en uitgewerkt voor onze situatie.

## 3. *Huidige situatie*

Momenteel zijn er 5 vergunningen voor het storten in zee van baggerspecie van kracht. In de vergunningen zijn o.a. opgenomen: de maximaal toegestane hoeveelheden, per jaar en per baggergebied, de geldigheidsduur (2 jaar) en de kwaliteitsnormen waaraan de baggerspecie moet voldoen opdat ze in zee mag worden teruggestort. Voor het storten in zee zijn verscheidene stortplaatsen in gebruik (zie figuur).

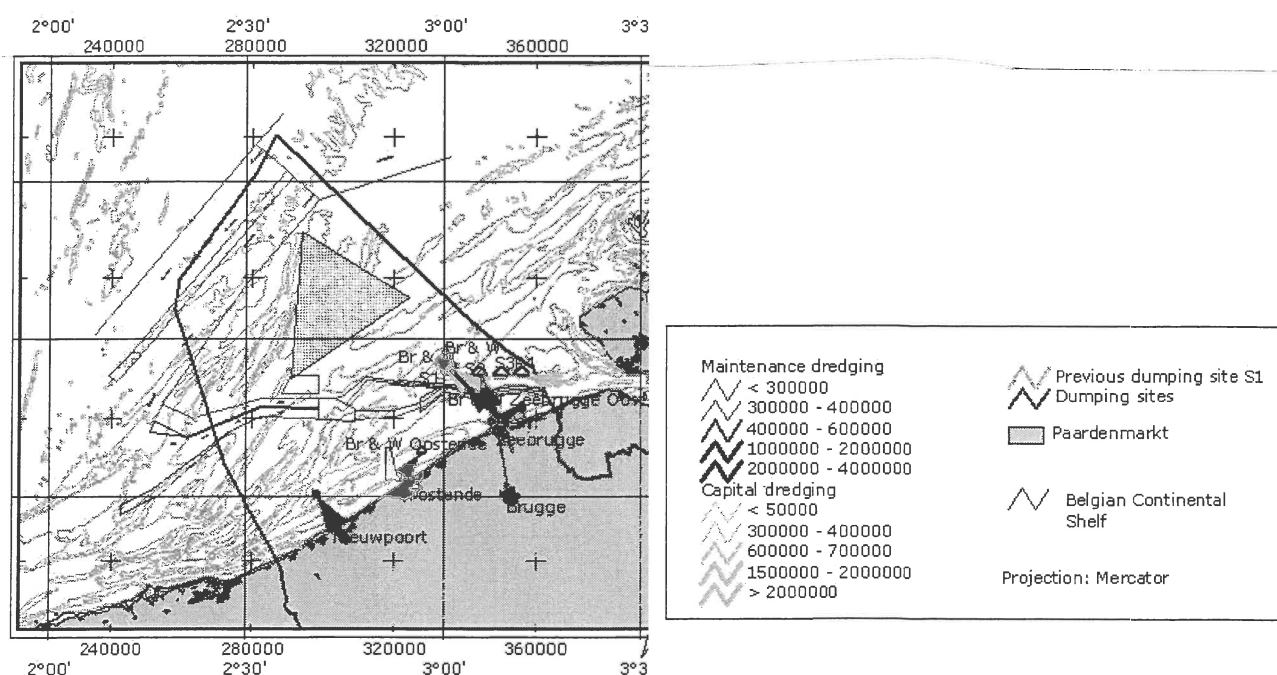
Ongeveer om de 10 jaar wordt de kwaliteit van de baggerspecie geëvalueerd aan de hand van een groot monitoringsprogramma waarbij alle gebieden waar gebaggerd wordt, bemonsterd worden. Tabel 1 geeft een overzicht van de gemiddelde analyseresultaten van de meetcampagnes van 1990 en 2000.

In het kader van de vergunningen worden monitorings- en onderzoeksprogramma's uitgevoerd: (i) het onderzoeksprogramma van de BMM betreft voornamelijk modelisatie en (ii) biologische en chemische monitoring wordt uitgevoerd door het Departement Zeevisserij.

Tabel 1

Parameter	eenheid	Voorhaven Zeebrugge		CDNB Zeebrugge		Pas van het Zand		Scheur		Haven Blankenberge	
		1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000
As	ppm	14.0	18.0	17.4	18.1	11.5	11.0	10.2	8.84	13.7	17.4
Cd	ppm	2.73	0.57	2.85	0.40	1.96	0.28	1.87	0.15	2.41	0.36
Cr	ppm	44.7	71.6	56.9	66.7	27.0	34.4	30.9	24.5	18.9	60.9
Cu	ppm	24.8	19.8	17.7	15.5	11.5	7.63	8.99	4.50	19.9	16.0
Hg	ppm	0.43	0.21	0.25	0.17	0.39	0.10	0.17	0.06	0.35	0.17
Pb	ppm	76.8	39.8	60.9	36.4	32.3	19.7	36.4	12.6	51.7	34.9
Ni	ppm	23.1	21.5	27.9	20.6	20.0	10.7	16.5	8.04	23.9	19.0
Zn	ppm	167	139	155	119	96.2	61.4	79.5	39.6	120	103
TBT	ppb	21.7	57.5	-	33.7	-	24.7	-	15.2	41.3	59.8
Σ PAKs	mg/g <sub>oc</sub>	0.035	0.054	0.013	0.000	0.013	0.034	0.013	0.029	0.023	0.052
Σ PCBs	mg/g <sub>oc</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Parameter	eenheid	Toegangsgeul Blankenberge		Haven Nieuwpoort		Haven Oostende		Toegangsgeul Oostende	
		1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000
As	ppm	5.77	5.49	12.9	13.0	13.1	16.5	7.08	9.67
Cd	ppm	1.07	0.00	2.32	0.40	2.44	0.56	0.56	0.19
Cr	ppm	4.30	14.9	26.3	48.1	52.2	59.0	14.7	33.3
Cu	ppm	5.90	1.66	17.9	15.4	27.3	23.0	5.31	7.35
Hg	ppm	0.10	0.00	0.17	0.11	0.27	0.19	0.08	0.09
Pb	ppm	18.2	6.09	46.0	30.7	63.8	38.9	20.9	17.6
Ni	ppm	8.59	3.88	21.0	15.0	20.6	18.4	11.2	10.2
Zn	ppm	29.5	22.3	104	90.1	151	137	50.3	57.0
TBT	ppb	-	0.0	18.0	32.6	27.0	61.2	-	63.2
Σ PAKs	mg/g <sub>oc</sub>	0.029	0.000	0.017	0.032	0.025	0.065	0.018	0.030
Σ PCBs	mg/g <sub>oc</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Figuur 1: Dumping and dredging sites.

### Zand- en grindexploitatie

Uit zee gebaggerde aggregaten worden reeds tientallen jaren met succes gebruikt in verschillende Europese landen. De laatste jaren wordt een steeds groeiende interesse voor zeezand vastgesteld. Dit vindt haar oorsprong in de uitputting van bestaande zandgroeven op land, de alternatieve aanwending van deze vaak mooie gebieden zoals bvb. de aanleg van nieuwe woongebieden en de groeiende vraag naar zand en grind.

Exploitatie gebeurt in 2 welbepaalde gebieden op het Belgisch continentaal plat. De vergunningen voor het exploiteren van zand en grind op het Belgisch continentaal plat worden afgeleverd door het Ministerie van Economische Zaken, waarbij voorafgaandelijk het advies wordt gevraagd van het Ministerie van Leefmilieu (BMM) en het Departement Zeevisserij.

Een van de voorwaarden waaraan de concessiehouders moeten voldoen is dat elk vergunningsvaartuig dient uitgerust te zijn met een registreertoestel, de zgn. black-box. Het beheer ervan en de verwerking van de geregistreerde gegevens gebeurt door de BMM Meetdienst in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Het registreertoestel kan volgende parameters automatisch registreren : identificatie van het vaartuig, traject, datum, tijd, positie, snelheid, status van de baggerpompen, ontginningsplaats, reisnummer, code concessiehouder... Met deze gegevens kan o.a. worden weergegeven of het ontginningsvaartuig de grenzen van het ontginningsgebied zoals bepaald per ministerieel besluit, respecteert.

### De Paardenmarkt

Na de 1ste wereldoorlog bleven in België grote hoeveelheden oorlogsmateriaal achter. Na verschillende ongevallen besliste de regering eind 1919 deze munitie op de ondiepe zandplaat voor Knokke-Heist, de « Paardenmarkt » te storten. Dit feit geraakte in de vergeethoek tot men in 1971 gedurende baggerwerken op grote hoeveelheden munitie stuit. Duikers van de marine voeren een uitgebreid onderzoek uit hetgeen resulteert in het aanduiden op de geografische kaarten van een gebied van ongeveer 1.5 km<sup>2</sup> waar een vis- en ankerverbod wordt ingesteld.

Naar aanleiding van nieuwe onderzoeken in de jaren tachtig wordt deze zone uitgebreid tot een gebied van ongeveer 3 km<sup>2</sup>. Het vis- en ankerverbod blijft bestaan.

Midden de jaren '90 wordt een nieuw gedetailleerd onderzoek uitgevoerd en worden eveneens sediment- en waterstalen genomen. De resultaten van de analyses op organische bestanddelen, in het bijzonder afbraakproducten van monsterdgaas zijn negatief.

Een nieuw monitoringsprogramma is gepland om nog dit jaar te worden uitgevoerd evenals enkele andere onderzoeksprogramma's dit jaar en de komende jaren.

## DE RELATIE TUSSEN GEOLOGISCHE PROCESSEN EN INTEGRAAL BEHEER VAN KUST EN POLDERS

Frank Mostaert

Prof. Dr. Frank Mostaert. Afdelingshoofd. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek. Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. Tel. +32(0)3 224 60 35; Fax +32(0)3 224 60 36. E-mail: [Frank.Mostaert@lin.vlaanderen.be](mailto:Frank.Mostaert@lin.vlaanderen.be). Web: <http://watlab.lin.vlaanderen.be>

---

### 1. Probleemstelling

Veel meer dan op het eerste gezicht wordt gedacht spelen de geologische opbouw en actuele geologische processen een al dan niet rechtstreekse rol bij de problematiek van de geïntegreerde en duurzame benadering van het beheer van de kuststreek. In voorliggende bijdrage zal de aandacht vooral gaan naar het gebied vanaf de laagwaterlijn tot aan de landwaartse grens van de huidige kustvlakte.

Het belang van de geologie is niet beperkt tot het **geotechnisch aspect**. De laterale en verticale variabiliteit van de ondiepe ondergrond en de aanwezigheid van compactie- en inklinkingsgevoelige kleien en vooral van veenlagen induceren bij het tot stand komen van allerhande infrastructuur een belangrijke kostenfactor en vergen gedegen voorafgaand geotechnisch onderzoek.

De gecombineerde impact van golven, kuststromingen en getijden op het strand veroorzaken in bepaalde kustzones **erosie**, op andere netto **sedimentatie**. Het begrijpen van die processen om gepaste maatregelen te kunnen treffen ter bescherming van de bevolking door strandsuppleties, bouwen van zeewerende dijken, strandhoofden en havendammen is een blijvende uitdaging voor zowel geologen als ingenieurs. Het beheersen van de sedimentatie in vaargeulen en havengebieden blijft een grote zorg.

Het **landschap** van de kuststreek is tot stand gekomen door een opeenvolging van diverse en gecombineerde invloeden van de zee: kusterosie, strandwerking, getijdenwerking, waddenafzetting, erosie in getijdengeulen, windwerking. Daarenboven speelden zeespiegelveranderingen een belangrijke rol en die zeespiegelveranderingen op hun beurt een gevolg van wereldwijde klimaatwijzigingen. Ook bij lage zeespiegelstanden, zoals in de ijstijden, zijn er fluviatiele en eolische processen doorgegaan die een belangrijke impact hebben op de huidige uitbreiding en begrenzing van de kuststreek. Het geologisch patrimonium is vrij speciaal en onlosmakelijk verbonden met het landschap. Duurzaam beheer van de kustzone impliceert ook dat rekening wordt gehouden met dit landschappelijk en geologisch patrimonium. Niet enkel de gebieden waar ook aan het oppervlak natuurwaarden voor handen zijn of zich kunnen ontwikkelen moeten kunnen gevrijwaard worden.

De menselijke impact op de landschapsvorming van de kuststreek is aanzienlijk geweest. Het landschap reflecteert een eeuwenlange strijd tegen de natuurelementen waarbij zeer belangrijke waterbeheersingwerken werden uitgevoerd, met dijken, bemalingen, inpolderingen, een strijd tegen verzanding van getijdengeulen om de maritieme toegang van belangrijke steden te garanderen.

De kustvlakte is wellicht ook in oppervlakte het grootste **ontginningsgebied** voor brandstoffen geweest. Op duizenden hectaren werd veen uit de ondergrond gehaald, de schorrenklei werd tot baksteen gebakken en het



zout werd reeds in de Romeinse tijd uit de sedimenten gehaald of door evaporatie van het binnenkomende zeewater gewonnen. Een aantal van die oude ontginningen en steenbakkerijen, oorspronkelijk milieuhinderlijke bedrijven, zijn ondertussen ontwikkeld tot waardevolle natuurgebieden. De belangrijkste *natuurgebieden* en –reservaten in de kustzone zijn overigens gebieden waar geologische processen nog volop aan de gang zijn. Dit is onder andere het geval in het Zwin, het restant van de belangrijke getijdengeul die ooit de verbinding met Brugge verzorgde of in de duinengebieden van de Westhoek.

De geologische opbouw van de kustvlakte leverde niet alleen voornoemde klassieke **delfstoffen** in het verleden; de belangrijkste delfstof momenteel wordt wel eens over het hoofd gezien, met name **drinkwater**. Duizenden toeristen die de kuststreek veroveren in de zomer verbruiken zeer grote hoeveelheden drinkwater die in belangrijke mate uit de grondwaterreserves onder de duinengebieden worden gehaald. Overexploitatie kan tot verzilting van de grondwaterreserves leiden tot ver in het achterland. Ook de waterbeheersing, de aanleg van kanalen en grachten, de inpoldering moet dermate vernuftig gebeuren dat verzilting van de grondwaterlagen en van het oppervlaktewater wordt beperkt. Het duurzaam zoetwaterbeheer is voor de kuststreek dan ook noodzakelijk en vergt een gedegen kennis van de hydrogeologie. Momenteel spitst het onderzoek zich toe naar complexe grondwatermodellering waarbij ook de impact van stijgende zeespiegelstanden verrekend wordt.

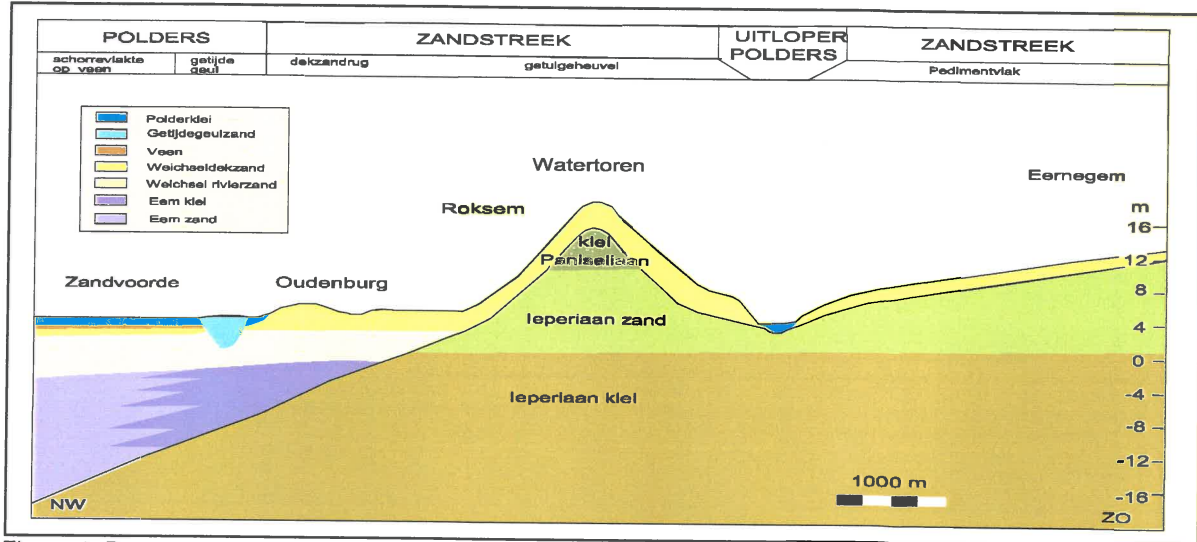
Het zeer specifieke karakter van het **landschap** en de **geologie** van de kustvlakte speelde ook een rol bij enkele merkwaardige sociale culturele en **historische gebeurtenissen**. Denken we aan de activiteiten van de Romeinen in het kustgebied, aan de bloei en teloorgang van de wereldhaven Brugge sterk geconditioneerd door stormvloeden, verzanding en ontwikkeling van getijdengeulen, aan de ontwikkeling van nieuwe grootschalige haveninfrastructuur in meer recentere tijden, aan de donkere en natte tijden van de eerste wereldoorlog in de westhoek.

Hieronder volgt een zeer summiere kennismaking met de geologische gesteldheid van de kustvlakte, ter algemene situering en zonder de pretentie om in te spelen op de nieuwste hypothesen en inzichten. Die context die complex zal blijken te zijn en de beschikbare geologische informatie wordt vervat in een aantal beleidsondersteunende instrumenten die bij de voorbereiding en de planning van allerhande initiatieven in de kuststreek gaande van de uitbouw van infrastructuur over natuurontwikkeling, ruilverkaveling, ruimtelijke planning, economische ontwikkeling en toerisme hun nut moeten kunnen bewijzen.

## 2. Geologische geschiedenis en landschapsevolutie van de kustvlakte in een notendop

Om een inzicht te kunnen krijgen over de ontstaansgeschiedenis van de kuststreek moet men teruggaan in de geologische geschiedenis tot in het Tertiair toen nagenoeg het volledige Vlaamse land overspoeld was door een ondiepe zee. In die zee werden afwisselend klei- en zandlagen afgezet, in hoge mate beïnvloed door zeespiegelstijgingen en -dalingen. Bij hoge zeespiegelstanden lag de huidige kustvlakte in open zee waar vooral kleilagen werden afgezet. Zo ontstond onder meer de 100 meter dikke kleilaag van het leperiaan die overal in de ondergrond van de kustvlakte aanwezig is en een vrij belangrijke invloed heeft op de grondwaterhuishouding. Bij lage zeespiegelstanden lag de huidige kustvlakte dicht bij de toenmalige kustlijn en werd vooral zand afgezet. Vanaf het Quartair (2.4 miljoen jaar geleden tot heden) wisselden minstens 20 koude fasen, de zogenaamde ijstijden af met evenveel warmere fasen. In deze periode werden een groot deel van de oorspronkelijke Tertiaire afzettingen afgebroken en weggevoerd door de werking van de rivieren en kwam het huidige landschap tot ontwikkeling.

Het zuidelijk deel van België werd reeds vanaf het eind van het Tertiair opgeheven waardoor de zich vormende rivieren naar het noordoosten gingen vloeien. Deze rivieren zorgen voor het verdwijnen van een gedeelte van de tertiaire afzettingen. Bij die geleidelijke insnijding waren kleilagen en zandsteenbanken die in de tertiaire lagen voorkomen dikwijls beter tegen de erosie bestand dan de zandlagen. De huidige kustvlakte wordt op veel plaatsen landwaarts begrensd door getuigenheuvels waar de tertiaire afzettingen bijna aan het oppervlak liggen (figuur 1).



Figuur 1. Doorsnede door de landwaartse randzone van de kustvlakte.

De erosie gedurende het grootste gedeelte van het Quartair was dermate drastisch dat enkel grovere partikels zoals zandsteen, silex, schelpen achter bleven die dan ook dikwijls aangetroffen worden aan de basis van de quataire afzettingen.

Gedurende het Quartair gingen de ijstijden gepaard met belangrijke zeespiegeldalingen, terwijl de warme fasen gekenmerkt werden door hoge zeespiegelstanden, vergelijkbaar met de huidige. Vooral de zeespiegeldalingen gingen gepaard met belangrijke insnijding van de rivieren.

De **Holstein** zee (300.000 jaar geleden) bereikte de uiterste Westhoek van Vlaanderen. Het was sedert het einde van het Tertiair tijdvak de eerste keer dat de zee in de huidige kuststreek terugkeerde. De hoogwaterstanden haalden toen hoogtes van +10 m. Het gebied waar die kustafzettingen bewaard zijn kan begrensd worden door de Franse grens in het westen, de Ijzervallei in het zuiden, de Lo-vaart in het oosten en de Moeren in het noorden (plateau van Izenberge).

Gedurende de ijstijden kwam de Noordzee nagenoeg droog te liggen ten gevolge van de zeespiegeldaling. De grote rivieren zoals de Rijn, Maas en Schelde konden niet noordwaarts afwateren naar zee omdat zich in het noordelijk deel van de Noordzee een reusachtige ijskap bevond. Deze grote rivieren vonden een weg naar zee via het Kanaal.

Het **Saale** valleisysteem dat gedeeltelijk onder de huidige kuststreek bewaard is sloot in elk geval aan op dit afwateringssysteem van de grote rivieren. De rivierinsnijding van de Saale ijstijd zorgde voor de maximale uitdieping van het rivierstelsel. Het gebied waar zich nu de huidige kustvlakte uitstrekt, was eigenlijk de oostflank van een belangrijke zuidwest - noordoost georiënteerde vallei met een insnijdingdiepte tot het peil - 10 tot -15 m in de huidige kuststreek.

Na de Saale ijstijd volgde een warme periode, het zogenaamde **Eemiaan**. Gedurende de zeespiegelstijging van het Eemiaan werden tertiaire en Quartaire afzettingen door erosie aangetast toen de kustlijn steeds verder landwaarts opschoof. Tijdens die periode steeg de zeespiegel tot op een peil vergelijkbaar met het huidige. De zee overspoelde voor het eerst een gebied met een vergelijkbare landwaartse grens als de huidige kustvlakte. De kustvlakte werd herschapen in een waddengebied. Bij de hoogste zeespiegelstanden van het Eemiaan situeerde de kustbarrière, dit is het strand met de duinen, zich aanzienlijk meer zeewaarts dan de huidige kustlijn. Sporen ervan zijn teruggevonden in de ondergrond van Oudenburg, Stalhille, Houtave, Meetkerke, Dudzele.

In het begin van de laatste ijstijd, de **Weichsel** ijstijd, daalde de zeespiegel opnieuw en de rivieren hernamen hun werking en ruimden een gedeelte van de Eemiaan afzettingen terug op. De afzettingen leren dat er gedurende de latere fasen van de Weichsel ijstijd een toendraklimaat heerste en dat de grond er permanent bevroren was. Enkel in de zomer ontdooide de bovenlaag en werden aldus zand en klei verplaatst door de rivieren of door afschuivingen op de hellingen.

Helemaal op het einde van de Weichsel ijstijd ontstond een koude woestijn waarbij de wind dominant uit het noordelijke richtingen blies op het vrij droge voornamelijk zandige landschap. Alleen de grofste korrels bleven liggen. Ze vormden een keienvloertje dat vrij algemeen kan worden teruggevonden in de Weichsel afzettingen. Dit keienvloertje is wellicht 15.000 jaar oud. De aanhoudende noordoostenwinden waaiden oost west gerichte landduinruggen op.

Vanaf Gistel over Brugge tot Maldegem en verder nog tot Stekene is deze duinenrug vrij duidelijk in het landschap te identificeren. Tussen Gistel en Maldegem vormt die eigenlijk de grens tussen de kustvlakte en Binnen Vlaanderen. De vorming van die duinruggen gebeurde niet continu. Tijdens warmere en meer vochtige periodes vormden zich tussen die duinruggen moerassen waardoor veen tot stand kwam. Dit veen werd later in droge periodes weer door duinen bedekt. Zo heeft men ook buiten onze kustzone overal veenlaagjes teruggevonden en gedateerd rond 12.000 jaar voor onze tijd, wijzend op een vrij algemene maar tijdelijke klimaatsverbetering.

Het **Holocene**, dat ongeveer 10.000 jaar geleden aanving, werd gekenmerkt door een algemene en definitieve opwarming waardoor de ijskappen verder afsmolten en de zeespiegel steeg. Geleidelijk begon ook de vegetatie zich aan te passen. De kustlijn die aanvankelijk ter hoogte van de Doggersbank lag, verschoof steeds verder zuidwaarts. Ongeveer 5600 jaar geleden lagen de duinen- en strandgordel in het oostelijk gedeelte van de kustvlakte, enkele kilometers zeewaarts van de huidige strandlijn. In het westelijk deel van de kustvlakte daarentegen strekte de duinengordel zich toen uit ter hoogte van Adinkerke waar zich nu nog resten van die oude duinen bevinden, dit is dus enkele kilometer landwaarts van de huidige kustlijn. Vanaf 5600 jaar geleden is de zeespiegelstijging vertraagd. Er was een evenwicht bereikt tussen de verbeterde klimaatsomstandigheden en de grootte van de toen nog resterende ijskappen. Deze vertraagde zeespiegelstijging veroorzaakte grote hydrodynamische wijzigingen in open zee waardoor de uitbouw van een stevige kustbarrière mogelijk werd. De oorspronkelijk dominante kusterosie evolueerde tot een overwicht van sedimentatie. De stranden werden breder, de duingordel werd uitgebouwd, de getijdengeulen verzandden.

Achter de duinengordel evolueerde het waddengebied van de kustvlakte tot een steeds uitbreidend veenmoeras. Zowat 4200 jaar geleden was de hele kustvlakte één groot veenmoeras geworden. De dekzandrug waar later Oudenburg, Gistel en Brugge werden gevestigd stak boven dit veenmoeras uit.

Over het algemeen was het een laagveenmoeras waarbij de plantengroei evolueerde met de stijgende grondwatertafel, een gevolg van de toch nog stijgende zeespiegel. Zo kon gedurende 3000 jaar een veenlaag ontstaan met een oorspronkelijke dikte van toch enkele meter. Slechts op enkele plaatsen is mosveen kunnen ontwikkelen waarbij de vegetatie kon opgroeien tot boven de grondwatertafel.

Vanaf 2500 jaar geleden slaagde de zee er in om diverse bressen te slaan in de kustgordel. Dit had voor de kuststreek vrij catastrofale gevolgen vermits de top van het veen lager lag dan de gemiddelde hoogwaterlijn. Hierdoor kwamen grote delen van de kustvlakte onder de invloed van het zoute water waardoor de veengroei tot een einde kwam. De kustvlakte werd weer zoals tijdens het Eemiaan een waddengebied met getijdengeulen, slikken en schorren. Vooral langs de getijdengeulen trad belangrijke erosie op waardoor heel wat veen, klei en zand werd weggeslagen. Steeds echter bleek de dekzandrug Gistel-Brugge-Maldegem boven de hoogste hoogwaterstanden uitsteken. Er kan op geologische basis worden aangetoond dat belangrijke getijdengeul complexen tot in het landwaarts deel van het waddengebied doorgedrongen zijn. Anderzijds werd ook veel klei in het gebied binnengebracht en afgezet op de hogere slikken en in de schorre. De getijdengeulen geraakten ook opgevuld, voornamelijk met zand. Dit komt door een combinatie van allerhande complexe hydrologische en hydraulische processen zowel in zee als in het waddengebied.

In fasen van geringe activiteit in het waddengebied, met overwicht van de afzetting, kunnen de schorren uitbreiden, wordt het wad gemakkelijker toegankelijk en kan de menselijke invloed een belangrijker rol spelen. Vooral archeologische en historische argumenten hebben geleid tot een verdere indeling van de Kustvlakte in Oudland, Middelland, Nieuwland en Historische Polders. Ook werden de zogenaamde Duinkerke transgressiefasen geïdentificeerd, oorspronkelijk gelanceerd in het kader van Bodemkundig onderzoek, waarbij minstens drie grote overstromingsfasen met een aantal verlandingsfasen worden onderscheiden.

De waddensedimenten vertonen lokaal duidelijke sporen van verlanding en hernieuwde mariene invloeden. Het is echter niet aan te tonen dat het om algemene dan wel over zeer lokale verschijnselen gaat en of die verlandingsverschijnselen bijvoorbeeld wel gelijktijdig doorgingen. Historische en archeologische gegevens geven wel aan wanneer de kustvlakte meer of minder bewoond was. Men heeft dit gecorreleerd met de natuurlijke toegankelijkheid van het waddengebied. Misschien waren er ook andere factoren zoals sociaal-economische, strategische of veiligheidsaspecten die een nog grotere invloed hadden dan de natuurlijke randvoorwaarden.

Vast staat dat uitzonderlijke stormvloed in een waddengebied langdurige effecten kunnen sorteren waardoor de erosie-sedimentatie balans in het getijdengebied verstoord wordt.

Vanaf de tiende eeuw organiseerde de bevolking zich om door dijken de zee te keren en kwamen de polders tot stand. Het Zwin was geslagen en in Zeeland kwam een diepe zeearm tot stand, de latere Westerschelde, die bij Bath de Schelde bereikte die toen nog in zee uitmondde via de Oosterschelde. Pas sindsdien heeft de Schelde, door toenemende getijdenwerking, haar huidige estuarium ontwikkeld. Door toenemende organisatie van de inpolderingen en de bedijking kon aan de steeds doorgaande zeespiegelstijging en aan de frequent voorkomende stormen het hoofd geboden worden.

Enkel de zone behorend tot de Historische Polders van Oostende, werd in de zeventiende en achttiende eeuw nog door de zee overstromd door een kunstmatige militair strategische ingreep.



De menselijke impact op het landschap is uiteraard ook duidelijk in de verstedelijkte gebieden, in de toeristische infrastructuur, de wegen en waterwegen, de ruilverkavelingen, enzovoort.

De meest duidelijke sporen van menselijke invloeden zijn de **dijken**. Het achterhalen van de ligging van voormalige dijken en de geschreven historische bronnen ervan zijn de basis geweest voor de historische reconstructie van de gebeurtenissen in de kustvlakte sedert de tiende eeuw.

Op basis van de positie van de dijken is de kustvlakte ingedeeld in Oudland, Middelland, Nieuwland en Historische Polders, respectievelijk gebieden ingedijkt voor de tiende eeuw, voor 1130, na de twaalfde eeuw en in de 17de eeuw.

De indijking of inpoldering vergde de aanleg van grachten en sloten, die nu nog ter gelegenheid van bijvoorbeeld ruilverkavelingen worden aangepast, verbreed, rechtgetrokken of gedempt. De afwatering van de Polders vergt ook nu nog een gedegen organisatie. De kustvlakte is georganiseerd in Polderingen die instaan voor deze afwatering.

Wellicht werden reeds door de Romeinen **drainagesystemen** ontwikkeld om de toegankelijkheid van het veengebied te vergroten of om begrazing van de schorren door schapen mogelijk te maken. Op de geomorfologische kaart (**figuur 3**) ziet u een parallel systeem van opgevulde geulen die wellicht ontstaan zijn langs het traject van drainagesystemen aangelegd door de Romeinen. Na de Romeinse periode is het gedraineerde gebied onder invloed van het getij gekomen en werden de oorspronkelijke grachten uitgeschuurd en verbreed tot heuse getijdengeulen die later met zand werden opgevuld. Op het veen werd klei afgezet en ontwikkelden er zich schorren.

Het waddengebied dat tot de indijking de kustvlakte innam was gekenmerkt door grote schorrengebieden onderbroken door getijdengeulen. Op de schorre werd klei afgezet. In de geulen werd zand afgezet. De geulen verlegden zich lateraal waarbij erosie optrad langs de ene oever terwijl de andere oever gedomineerd werd door zandafzetting. Ook de oeverwallen van de geulen bestonden uit zandige ruggen die iets boven het schorrenoppervlak uitstaken. Uiteindelijk verlandden de geulen tot er onbeduidende kreekjes overbleven die uiteindelijk ook tot schorren evolueerden. Na de indijking werd het land beter toegankelijk gemaakt door het graven van sloten. Hierdoor werd de klei van de schorren en de eronder liggende veenlagen gedeeltelijk ontwaterd waardoor ze in volume afnamen. De zandige geulafzettingen met erboven liggende schorren werden veel minder in volume gereduceerd door ontwatering. Zo ontstond een duidelijk hoogteverschil (tot 0.5 m) tussen oorspronkelijke schorren en getijdengeulen. De getijdengeulen, die in het wadgebied eigenlijk de laagst gelegen zone zijn, ontwikkelen na verzanding in het polderlandschap dus tot de hoogste zones. In de literatuur zijn ze gekend als de kreekruggen.

Het hoogteverschil tussen de kreekruggen en de omgeving wordt dikwijls nog geaccentueerd als gevolg van de Middeleeuwse ontginning van de veenlagen die meestal onder de schorrenafzettingen aanwezig zijn. Dit ging als volgt: eerst werd de klei afgegraven en opzij gezet. Vervolgens werd de veenlaag afgestoken waarbij er angstvallig werd over gewaakt dat er een dun restveenlaagje achterbleef. Deze restveenlaag verhinderde dat het grondwater uit de onderliggende zandlaag in de ontginning kon binnendringen en deze aldus zou doen overstromen. Na ontginning werd de kleilaag teruggestort waardoor het gebied dus netto nog lager kwam te liggen dan oorspronkelijk.



Voorname hoogteverschillen komen zeer duidelijk tot uiting in de gebieden die het eerst werden teruggewonnen op de zee, in het zogenaamde Oudland, en dan nog meestal in het meest landwaarts gedeelte. In het zeewaarts deel is de veenlaag dikker dan landwaarts maar ze ligt ook bedolven onder een dikker pakket klei. De drainage van het gebied ontwatert in het zeewaarts gedeelte enkel de kleilagen terwijl het veen enkel volume verloor door het gewicht van de bovenliggende klei. In het landwaarts gedeelte werd ook de veenlaag gedraineerd en de inklinking van veenlagen is veel belangrijker dan die van klei. De hoogteverschillen zijn dus zeewaarts veel geringer, temeer dat er daar ook veel minder systematisch aan veenontginning werd gedaan. Ook in de later ingedijkte polders zijn deze verschijnselen veel minder uitgesproken. Door de evolutie van de techniek diende men niet altijd meer te wachten met indijking tot het gebied volledig verzand of opgeslibd was waardoor de getijdengeulen in het landschap soms nog zichtbaar zijn als langgerechte depressies in tegenstelling tot de zogenaamde kreekruggen van het Oudland.

### 3. Geologie gerelateerde evaluatiemiddelen inzake kustzonebeheer

De overheid kan vandaag reeds terugvallen op een aantal belangrijke instrumenten om het beleid op een gedegen wijze te onderbouwen. Hier wordt de aandacht vooral toegespitst op de geologisch gerelateerde instrumenten.

De geologische kennis tot 2000 ligt vast in de nieuwe Tertiairgeologische en Quartairgeologische kaarten. Bovendien beschikt de overheid over de Databank Ondergrond Vlaanderen waarbij alle geologische informatie beschikbaar is. De expertise wordt opgebouwd in de afdelingen Natuurlijke Rijkdommen en Energie (EWBL) de afdeling Geotechniek (LIN) en de afdeling Water (LIN). Via GIS-Vlaanderen zijn digitale kaartgegevens beschikbaar: de Tertiairgeologische kaart, de Vlaamse Hydrografische Atlas, de Bodemkaart.

#### 3.1. De Tertiairgeologische kaarten

De Vlaamse overheid (afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie) heeft sedert 1989 systematisch de meer dan 100 jaar oude, bestaande geologische kaarten van België systematisch herzien op een kaartschaal van 1/50.000. Dit gebeurde voornamelijk in samenwerking met de universiteiten en studiebureaus op basis van de bestaande geologische gegevens maar met een vernieuwde interpretatie op basis van de eind jaren tachtig herziene lithostratigrafie. Tegelijkertijd met de kartering werden alle basisgegevens (boorgegevens, beschrijving van groeves,...) digitaal opgeslagen in een databank die uiteindelijk opgenomen wordt in Databank Ondergrond Vlaanderen. Ook voor de volledige kuststreek zijn die gegevens nu beschikbaar:

- een kaart met de onder het Quartair dek dagzomende lagen (meestal Tertiaire afzettingen);
- een kaart met de verspreiding van de basisgegevens;
- een kaart met de dikte van de Quartaire deklagen die op de eigenlijke geologische kaart niet aangegeven zijn;
- een kaart met de isohypsen van de top van de Tertiaire afzettingen.

### 3.2. De Quartairgeologische kaarten

De quartaire afzettingen worden in Vlaanderen en dus ook in de kustvlakte gekarakteriseerd door een laterale en verticale heterogeniteit en door grote diktevariaties. In de kustvlakte zijn het zowel afzettingen die onder continentale omstandigheden tot stand zijn gekomen (rivier-, duinafzettingen) en afzettingen door mariene werking (strand, vooroever, wadden). Het betreft pakketten die zelden meer dan dertig meter en tot minder dan 1 m dik zijn. Tot op heden bestonden er geen kaarten op gedetailleerde schaal over de volledige quartaire samenstelling van de Vlaamse ondergrond.

De systematische kartering in opdracht van het Vlaamse Gewest die werd opgestart in 1993 gebeurt op basis van volgende principes:

- er wordt uitgegaan van de huidig beschikbare gegevens;
- de kartering van het volledige quartaire dek gebeurt op schaal 1/50.000;
- de karteringstijd wordt beperkt tot maximaal 1,5 jaar per kaartblad (640 km<sup>2</sup>);
- universitaire centra die gespecialiseerd zijn op het vlak van de quartairgeologie voeren de kartering uit;
- de kaarten geven een inzicht in de drie dimensionale opbouw van de quartaire lagen volgens de principes van de profieltypekartering;
- de kaarten zijn vanuit een geologisch-wetenschappelijke invalshoek opgemaakt; ze zijn toepassingsgericht en bruikbaar als beleidsondersteunende documenten, voor onderwijsdoeleinden, voor wetenschappelijk onderzoek, voor de ruimtelijke planning;
- er wordt een ondersteunende gegevensdatabank opgebouwd;
- digitale benadering laat de generatie van afgeleide kaarten voor specifieke toepassingen toe;
- er wordt een regelmatige actualisatie en aanvulling van gegevens en kaarten voorzien.

De kustvlakte wordt momenteel gekarteerd. Enkel het kaartblad Brugge is momenteel reeds bij de afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap te verkrijgen.

### 3.3. De Databank Ondergrond Vlaanderen

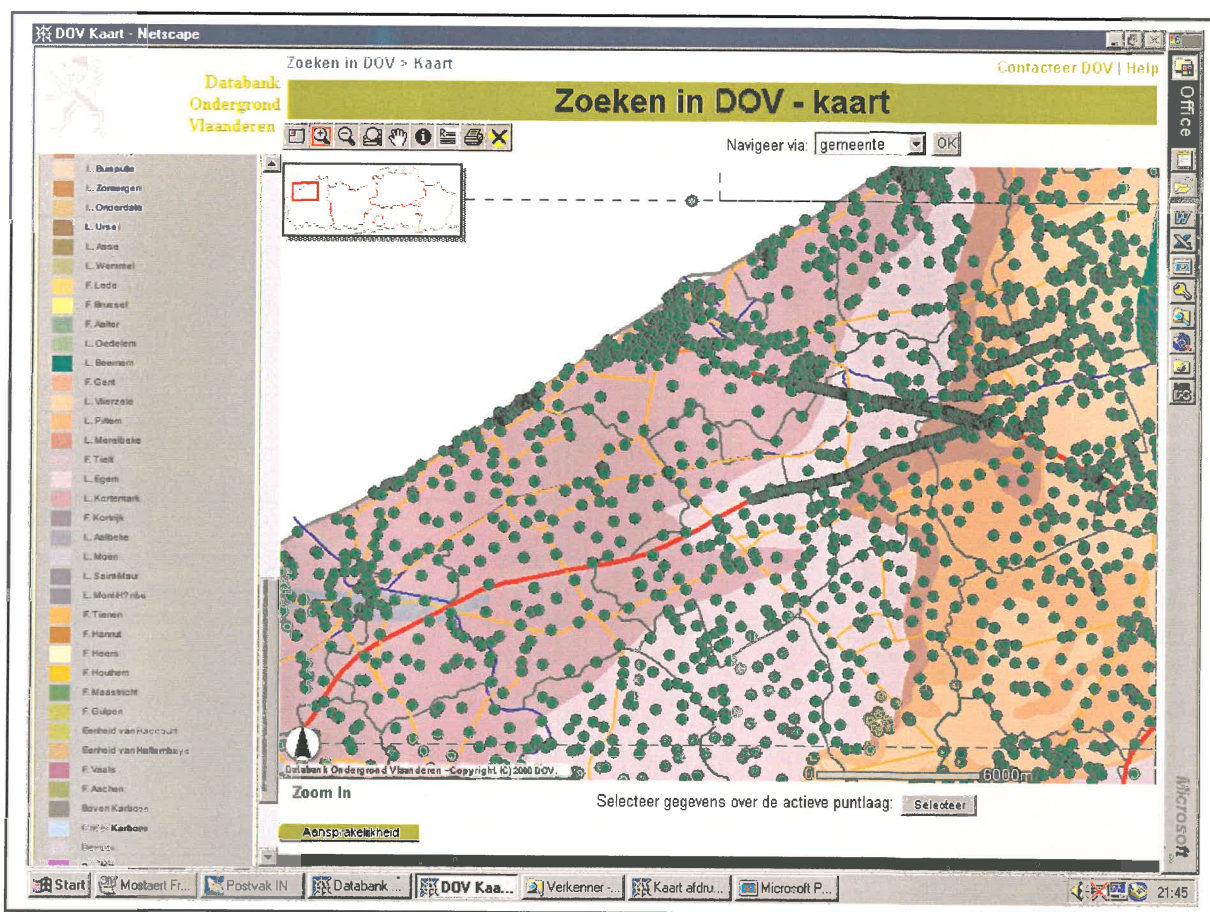
De Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) stelt zich tot doel om de gegevens van de Vlaamse ondergrond te verzamelen, te interpreteren, deze in een databank onder te brengen. De data moeten op een efficiënte manier kunnen bevraagd worden.

Uiteindelijk moet de databank de gegevens toegankelijk maken en de kwaliteit van de inzichten in de Vlaamse ondergrond verbeteren en de adviesverlening en beleidsondersteuning naar een kwalitatief hoger niveau optillen. De gegevens zullen ook ter beschikking worden gesteld van de wetenschappelijke wereld, de studiebureaus en de burger.

**Organisatorisch** is de Databank Ondergrond Vlaanderen een samenwerkingsverband tussen een aantal afdelingen van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap die respectievelijk bevoegd zijn voor geotechniek (afdeling Geotechniek), hydrogeologie (afdeling Water) en geologie (afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie). In eerste instantie wordt de Databank ontwikkeld voor de overheid, ter verbetering van de adviesverlening zowel kwalitatief als organisatorisch. Ten tweede wordt ook een dienstverlening naar de burgers

beoogd: de particulier, de wetenschappelijke wereld, de studiebureaus, de boorbedrijven,... Om deze doelstelling te realiseren investeert de overheid in het verwerven van de gegevens organiseren, in investeringen in hard- en software en vooral in mankracht met expertise op het vlak van informatica en geologie, hydrogeologie en geotechniek. De dienstverlening houdt meer in dan enkel het leveren van data met gegarandeerde kwaliteit, ondersteunende duiding bij de geleverde producten en het nastreven van de volledigheid van de datasets.

Databank Ondergrond Vlaanderen is toegankelijk via een internettoepassing: <http://dov.vlaanderen.be>. Ook alle geologische kaarten, inclusief de grondwaterkwetsbaarheidskaarten worden langs dit kanaal toegankelijk gemaakt.

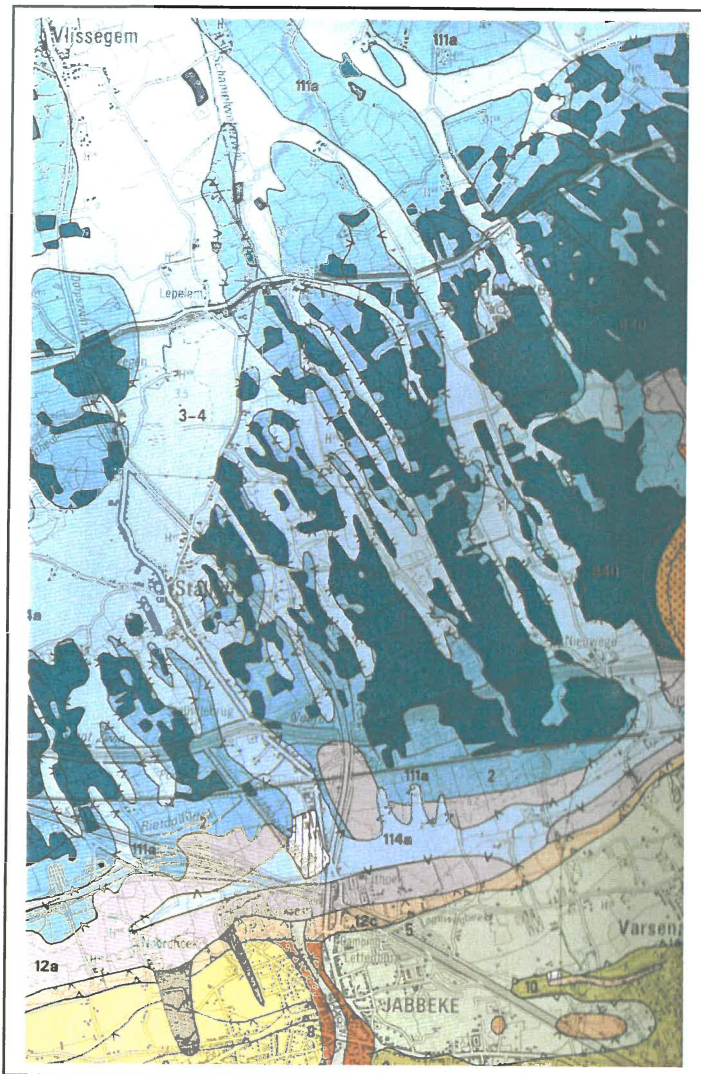


Figuur 2. Geologische informatie via Databank Ondergrond Vlaanderen

### 3.4. De geomorfologische kaart

Op een zogenaamde geomorfologische kaart worden tegelijk de landschapsvormen in de verf gezet door lijnsymbolen, wordt de verklaring gegeven van de landschapsvorming en wordt de ouderdom van deze landschapsvorming door ingekleurde vlakken weergegeven. Een uittreksel van zo'n geomorfologische kaart staat op **figuur 3** met een vereenvoudigde legende.





**Blauwe kleuren:** polders van de kustvlakte

**Donkerblauw:** uitgeveend gebied, zeer laag gelegen (2-3 m)

**Bleekste blauw:** kreekruigen, relatief hoog gelegen (3-4)

**Bleekblauw 111a:** schorrenklei op veen (2.5 - 3 m hoog)

**Paarse kleur:** schorrenklei op dekzand (3-4 m hoog)

**Hard oranje:** Moere van Meetkerke; uitgeveend tot op de dekzanden

**Gele en groene kleuren:** dekzandrug (hoger dan 4.5 m)

Figuur 3. Uittreksel uit de Geomorfologische kaart (De Moor G.; F. Mostaert et al.)

### 3.5. Andere evaluatiemiddelen

Verschillende aspecten van de geologische kennis van de kustvlakte zijn gevat in een aantal kaarten. De **bodemkaart** oorspronkelijk opgemaakt op een schaal 1/20.000 is ondertussen digitaal beschikbaar als een product van GIS-Vlaanderen. De bodemkaart geeft op basis van vier boringen per hectare zeer gedetailleerd de bodemgesteldheid van de bovenste 1,25 m weer. De bodemkaarten van de kustvlakte geven bovendien een interpretatie van de diverse overstromingsfasen die de kustvlakte teisterden weer.

Met **GIS-Vlaanderen** beschikt de overheid over een organisatie die alle relevante geografisch gerelateerde informatie op een informaticatechnisch gebruiksvriendelijke wijze ter beschikking wil stellen aan wetenschappelijk onderzoek maar vooral ook aan de lokale en regionale overheid. Het samenbrengen en interpreteerbaar maken van tegelijk geologische, geografische, economische en ecologische gegevens is een belangrijk instrument om een duurzaam beheer voor de kustzone te kunnen uittekenen.

Heel wat andere digitale beleidsondersteunende kaarten zijn momenteel reeds beschikbaar zoals de **ecosysteemkwetsbaarheidskarten**, **grondwaterkwetsbaarheidskarten**, de **hydrografische atlas**,... Andere beleidsrelevante kaarten zijn in opmaak zoals het **digitaal hoogtemodel van de kustvlakte**.

Door de inbreng van het **VLIZ** wordt momenteel gewerkt aan instrumenten die niet alleen een inventaris omvatten van alle onderzoek inzake kust en zee. Het VLIZ biedt via IMIS ook een efficiënte toegang tot de onderzoeksresultaten en specifieke databanken. Het kennisbeheer en de beschikbare basisdata kunnen de noodzakelijke voorbereidende onderzoeken bij de realisatie van initiatieven van duurzaam beheer in belangrijke mate ondersteunen. Denken we maar aan alle informatie nodig voor de opmaak van milieueffectrapporten en kosten-baten-analyses. Modelleren van allerhande processen zoals de werking van de ijzer, strandevolutes, economische modellen, enzovoort, kunnen evenmin zonder die basisinformatie.

Wellicht worden hier heel wat instanties onrecht aangedaan door de onvolledigheid van de opsomming. De verziltingskaart van het grondwater bijvoorbeeld is hier nog niet aangekaart evenmin als de biologische waarderingskaarten.

#### 4. Besluiten

De kuststreek is op het vlak van de geologie en de geomorfologie één van de best bestudeerde gebieden. Geologen, geomorfologen, bodemkundigen, historici en archeologen hebben samen en afzonderlijk belangrijke resultaten bereikt. Daarbij gebruikten ze allemaal nogal eens de argumenten van andere disciplines om hun hypothesen te onderbouwen. Deze toe te juichen multidisciplinaire benadering houdt echter ook grote gevaren in als de onderzoekers onderling en de beleidsverantwoordelijken mekaar taal onvoldoende begrijpen of kunnen interpreteren. Dit kan aanleiding geven tot kringredeneringen en tot interpretaties die verder gaan dan de bewijskracht toelaat. Dit is ook ongetwijfeld voor de kustvlakte het geval. Het is dan ook mijn vaste overtuiging dat ondanks het indrukwekkende potentieel aan studieresultaten, beleidsondersteunende documenten en kaarten, er heel wat van de als gemeengoed gekende theorieën over de kustvlakte opnieuw wetenschappelijk getoetst moeten worden vanuit een gecoördineerde multidisciplinaire invalshoek.

Dit colloquium en de verdere ontwikkelingen van het VLIZ kunnen hier in elk geval bijdragen om beleid en onderzoekers enerzijds en verschillende onderzoeksgroepen anderzijds in het kader van het integraal kustzonebeheer dicht bij elkaar te brengen en tot samenwerking aan te zetten.

#### 5. Referenties

- DE MOOR, G.; MOSTAERT, F.; LIBEER, L.; MOERDIJK, H. en VAN DEN ABEELE, V. (1993). Geomorfologische Kaart van België, Kaartblad Oostende
- MOSTAERT, F. en DE MOOR, G. (1984). Eemian deposits in the neighbourhood of Brugge, a palaeogeographical and sea-level reconstruction. *Bull. Soc. belge Géol.*, 93(3) : 279-286.
- MOSTAERT, F. (1985). Bijdrage tot de kennis van de Kwartairgeologie van de oostelijke kustvlakte op basis van sedimentologisch en lithostratigrafisch onderzoek. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, R.U.G., 588 pp.
- MOSTAERT, F. (1987). De Oostelijke Kustvlakte in de Romeinse Tijd. In : THOEN, J. (ed.), *De Romeinen langs de Vlaamse Kust* : 23-25.
- PEYMEN J., DEFLOOR W., VAN GULCK T., VAN STAATEN D., KUIJKEN E. (2000). Ecosysteemkwetsbaarheidskaarten voor Vlaanderen m.b.t. barrière. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. In opdracht van het Vlaams Impulsprogramma voor Natuurontwikkeling (BVR 8/2/1995, BS 10/6/1995)
- PEYMEN J., VAN STRAATEN D., PAELINCKX D., VAN SPAENDONCK G., KUIJKEN E. (2000). Ecosysteemkwetsbaarheidskaarten voor Vlaanderen m.b.t. ecotoopverlies, verdroging, eutrofiëring en verzuring. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. In opdracht van het Vlaams Impulsprogramma voor Natuurontwikkeling (BVR 8/2/1995, BS 10/6/1995).
- TAVERNIER, R.; AMERYCKX, J.; SNACKEN, F. & FARASIJN, D. (1970). Atlas van België, blad 17. Kust, Duinen, Polders. Nationaal Comité voor geografie: 32 pp.



## OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE ACTOREN OP HET BELGISCH CONTINENTAAL PLAT

Jean Lanckneus<sup>1</sup>, Geert Moerkerke<sup>1</sup>, Vera Van Lancker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magelas, Violierstraat 24, 9820 Merelbeke. Tel & Fax 09/232 57 04.

E-mail: [info@magelas.be](mailto:info@magelas.be), Web: [www.magelas.be](http://www.magelas.be)

<sup>2</sup>Universiteit Gent, Renard Centre of Marine Geology. Krijgslaan 281, s-8, B-9000 Gent.

Tel. 09/264 45 89. Fax 09/264 49 67. E-mail: [Vera.Vanlancker@rug.ac.be](mailto:Vera.Vanlancker@rug.ac.be).

### 1. Inleiding

Een groot aantal economische activiteiten wordt uitgevoerd op het Belgisch continentaal plat. Deze activiteiten die sterk verscheiden zijn en die variëren van zandextractie tot visserij, grijpen allen plaats op een relatief klein oppervlakte. De belangen van de onderlinge activiteiten liggen niet allen op eenzelfde lijn waardoor er conflicten kunnen optreden tussen de verschillende actoren. Een recent voorbeeld hiervan is de tegenkanting van de visserijsector tegen de inplanting van windmolenparken op zee daar deze activiteit een verkleining van het te bevissen oppervlakte met zich meebrengt.

Het is duidelijk dat het voortbestaan en de verdere ontwikkeling van de menselijke activiteiten op het plat slechts mogelijk is indien er een coherent beleid bestaat op lange termijn dat zo goed mogelijk de belangen van alle activiteiten op elkaar afstemt.

Hierna volgt een opsomming van de verschillende actoren die actief betrokken zijn bij de exploitatie van het BCP. Een overzicht van de beschikbare gegevens over de topografie, morfologie en sedimentologie wordt eveneens gegeven.

### 2. Onderverdeling van het BCP

Het Belgisch continentaal plat (BCP) strekt zich uit over een oppervlakte van 2.017 km<sup>2</sup>. Een aantal maritieme zones kunnen hierin onderscheiden worden (Maes et al. 2000):

- Territoriale wateren: het territoriaal deel van de zee is 12 zeemijlen breed. In deze wateren beschikt België over een soeverein recht, in overeenstemming met de principes van het internationaal zeerecht, in verband met de zeebodem, de ondergrond en het luchtruim boven de territoriale wateren.
- Aangrenzende zone: deze strekt zich uit over een breedte van 12 mijl buiten de territoriale wateren. In deze zone oefent België de nodige controle uit om overtredingen in de territoriale wateren (op het vlak van immigratie, douane, volksgezondheid, ...) te verhinderen of te bestraffen.
- Exclusieve Economische zone (EEZ): komt overeen in het geval van België met het Belgisch continentaal plat. Binnen de EEZ heeft België uitgestrekte bevoegdheden in verband met exploitatie en ontginning, behoud en beheer van de natuurlijke –al dan niet biologische- rijkdommen, de wateren boven de zeebodem, de zeebodem en diens ondergrond. Verder heeft België rechtsbevoegdheid met betrekking tot

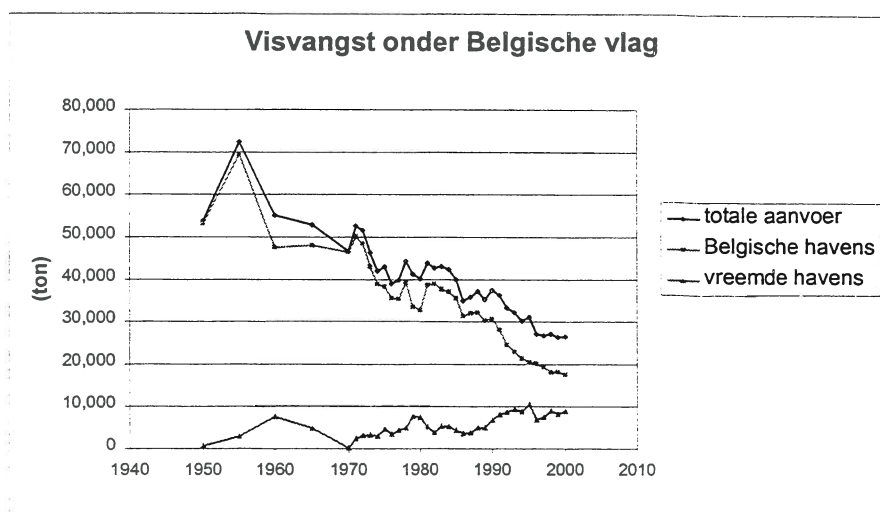
de installatie en gebruik van installaties (kunstmatige eilanden, pijpleidingen, telecommunicatiekabels), het wetenschappelijk onderzoek op zee en de bescherming van het marien milieu.

- 3 en 6 zeemijl: zijn visserijbegrenzings. Buiten de 12 mijlszone is er vrije toegang voor alle vissers. Binnen de 12 mijlszone is de visvangst principieel voorbehouden voor Belgische vissers maar Nederlandse en Franse vissers worden eveneens toegelaten onder bepaalde voorwaarden. Zo hebben de Nederlandse vissers de toelating om te vissen binnen de 12 mijlszone en Franse vissers mogen haring vangen in de zone tussen de 3 en de 12 zeemijl.

### 3. Actoren op het BCP

De belangrijkste activiteiten die plaatsvinden op het BCP zijn:

- Visserij: de hoeveelheden vis gevangen onder Belgische vlag, worden gekenmerkt door een dalende trend (Welvaert, 2001). Na een piekjaar in 1955 (72.000 ton) zijn de hoeveelheden gevangen vis drastisch gedaald gedurende de laatste decenia en stagneert de vangst de laatste vier jaar op een 26.000 Ton (fig. 1).



Figuur 1. Evolutie van de visvangst onder Belgische vlag (uitgedrukt in Ton) van 1950 tot 2000.

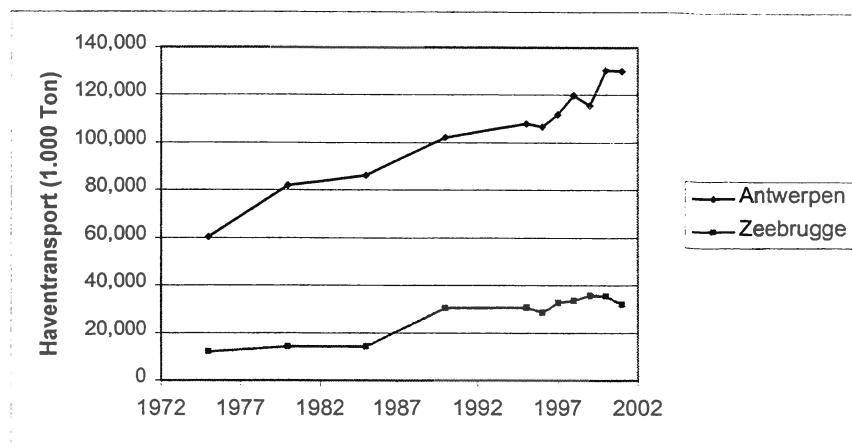
De aanvoer van vis in de vismijnen van Zeebrugge, Oostende en Nieuwpoort is tijdens het laatste decennium gedaald. Tot halfweg de jaren 80 was Oostende de belangrijkste Belgische vissershaven qua aanvoervolume. Vanaf 1985 heeft Zeebrugge de leiding overgenomen. Zeebrugge vertegenwoordigt 71% van de aanvoer in eigen havens, gevolgd door Oostende en Nieuwpoort met respectievelijk 26% en 3%.

De aanvoerwaarde van de gevangen vis bedraagt 3.5 miljard BEF. Bij het omzetten van dit bedrag naar BEF van 1950, ziet men dat de reële waarde van de jaarlijkse vangst ( $\pm 500.000$  BEF) weinig veranderd is over de laatste 50 jaar.

- Aggregaatextractie: zand wordt ontgonnen in twee zones (zone 1: Gootebank en Thorntonbank; zone 2: Kwintebank, Buiten Ratel en Oost Dyck). Grint komt minder voor en wordt slechts uitzonderlijk voor

bepaalde projecten ontgonnen. Concessies worden verleend door het Ministerie van Economische Zaken (voor verdere informatie zie Abstracts *Het Beheer van de niet-levende rijkdommen op het Belgisch continentaal plat* door Brigitte Lauwaert en *Project Zandwinningen: Monitoring van de impact van zandwinning op de morfologie van de banken* door Degrendele, Roche en Schotte).

- Onderhoudsbaggerwerken in havens en toegangsgeulen naar de havens van Oostende, Zeebrugge en Antwerpen: jaarlijks wordt er een 20 miljoen m<sup>3</sup> sediment gebaggerd waarvan het grootste deel teruggestort wordt in zee op zeven stortplaatsen: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, Br&W Zeebrugge Oost, Br&W Oostende en Nieuwpoort (voor verdere informatie zie Abstract *Het beheer van de niet-levende rijkdommen op het Belgisch continentaal plat* door Lauwaert).
- Maritiem transport: grijpt plaats via de hierboven vermelde maritieme toegangsgeulen. De havens van Antwerpen, Zeebrugge en Gent waren goed voor een totaal transport van respectievelijk 130, 32 en 23 miljoen Ton (fig. 2).



Figuur 2. Evolutie van het haventransport naar Antwerpen en Zeebrugge (uitgedrukt in 1.000 Ton) van 1975 tot 2001.

- Transport van gas, telecommunicatiekabels: drie belangrijke gasleidingen doorkruisen het BCP: de Zeepipe die het Noorse Sleipner gasveld verbindt met de gasterminal in Zeebrugge; de Interconnector, die loopt tussen het Engelse Bacton en Zeebrugge en de NorFra pijp die gas vervoert tussen het Noorse Draupner gasveld en de haven van Duinkerke. Een groot aantal telecommunicatiekabels doorkruist eveneens het BCP.
- Militaire oefeningen: schietoefeningen uitgevoerd door het Belgische leger en NATO partners worden vanuit het land zeewaarts uitgevoerd op bepaalde tijdstippen. De schietzone is onderverdeeld in drie schietsectoren en tijdens de oefeningen worden alle schepen verzocht de schietsector te mijden. Bovendien beschikt de marine over een aantal zones waarin oefenmijnen gelegd kunnen worden.
- Munitiestortplaats: na WW1 werd op de zandplaat Paardenmarkt, tussen Zeebrugge en Knokke, munitie gestort. De totale hoeveelheid wordt geschat op 35.000 ton waarvan een derde uit chemische munitie zou bestaan. In deze zone is vissen en het voor anker liggen verboden (Missiaen et al., 2001).
- Milieugebieden: in het kader van de Ramsar Conventie werd het kustgebied tussen Oostende en de Frans-Belgische grens dat zich uitstrekt over een breedte van 3 mijl vooropgesteld als een marien reservaat. Tot heden werd nog geen specifieke beschermingsmaatregelen getroffen voor dit gebied.

- **Wrakken:** in Belgische wateren zijn een 210 wrakken (waarvan de meeste dateren van de Eerste en Tweede wereldoorlog) bekend bij de Afdeling Waterwegen Kust. Wrakken kunnen niet als een "activiteit" beschouwd worden maar toch moeten ze in rekening gebracht worden bij het uitvoeren van andere ingrepen op zee.  
In het kader van de verruiming van de vaarweg in de Westerschelde, worden ook de vaargeulen op zee verdiept wat slechts kan gebeuren na het verwijderen van grote objecten die het verloop van de baggerwerken sterk zouden hinderen. Dit betekent dat zeven wrakken noodgedwongen verwijderd moeten worden. Eén van deze wrakken, de Wakefull, een Britse torpedojager, werd gezonken in mei 1940 en wordt vandaag de dag beschouwd door de Britse autoriteiten als een oorlogsgraf. Dit betekent dat dit wrak niet zomaar opgeblazen en gelicht kan worden (voor verdere informatie zie Abstract *Wrakken ruiming en de bijhorende problematiek* door De Brauwer).
- **Windmolenparken:** de Belgische Federale overheid heeft als objectief een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen vooropgesteld van 7.5% ten opzichte van de uitstoot van 1990. In de optiek om te streven naar een duurzaam energiebeleid heeft België zich voorgenomen om tegen 2004 3% van haar electriciteit te produceren uit hernieuwbare energiebronnen zoals windenergie. Door het sterkere windregime op zee en de beperkte open ruimte op land zullen de toekomstige grootschalige windenergieprojecten zich concentreren op zee.  
Een viertal concessies werden tot nu toe aangevraagd waarvan er twee concessies (Seanergy op de Vlakte van de Raan en C-Power op de Wenduinebank) reeds toegekend werden door de Staatssecretaris van Energie (voor verdere informatie zie Abstract *Ontwikkeling offshore windparken in de EU: beleid en praktijkervaring* door Palmers, De Wilde en Cabooter).

#### 4. Beschikbare gegevens over bathymetrie, morfologie en sedimentologie

Een succesvol beleid plannen voor het BCP heeft slechts slaagkansen indien de nodige achtergrondinformatie over de kenmerken van de zeebodem beschikbaar is. Ons relatief klein plat is in de laatste decenia bestudeerd geworden door een groot aantal onderzoeksteams die zich op bepaalde onderwerpen van geologische, biologische, chemische of hydrodynamische aard gespecialiseerd hebben.

De beleidsverantwoordelijken vinden echter niet altijd even vlot de nodige informatie daar deze verspreid is over een groot aantal kanalen zoals niet-gepubliceerde rapporten en gespecialiseerde publicaties. Dit maakt dat het niet eenvoudig is om in eerste instantie alle beschikbare gegevens te verzamelen. Eenmaal de gegevens verzameld, moeten deze nog samengevoegd en vergeleken worden wat opnieuw een complexe taak is. Het bodemsediment bijvoorbeeld dat door vele onderzoekers bemonsterd wordt, kan gekenmerkt worden door een groot aantal parameters (zoals de gemiddelde korrelgrootte of de mediaan) die niet zomaar samengevoegd kunnen worden. Het realiseren van een synthesebeeld is dan ook complex en spijtig genoeg valt men noodgedwongen terug op het gebruik van grovere onderverdelingen zoals zandig slib of grinthoudend zand.



Een voorbeeld van dergelijk synthesesewerk werd uitgevoerd in het kader van het BUDGET project dat door de Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden gefinancierd werd (Lanckneus et al., 2001).

Dit project poogt een overzicht te verschaffen van gepubliceerde geologische, sedimentologische, morfologische, topografische en hydrodynamische gegevens over het Belgisch plat. Bovendien werden de resultaten, bekomen met behulp van verschillende meettechnieken kritisch geanalyseerd.

De meeste onderzoekers steunen voor hun bathymetrische achtergrondinformatie op de gegevens die verzameld worden door de Afdeling Waterwegen Kust van Oostende. De bathymetrie van het BCP wordt door deze dienst in kaart gebracht met behulp van de single beam echosounder. Diepteprofielen worden bekomen langsheen raaien die in de meeste gevallen een interval vertonen van 50 of 100 m. Het Belgisch plat mag dan relatief klein zijn, een volledige nieuwe opname van onze volledige shelf kan niet ieder jaar uitgevoerd worden. De kaart van het BCP kan dan ook niet beschouwd worden als een momentopname daar deze opgebouwd is uit lodingen verzameld over verschillende jaren.

De single-beam peilingen laten, ondanks hun spatiëring van 50 of 100 m, toch toe om een goed beeld van de onderwatertopografie te bekomen. Niet alleen de grote entiteiten, zoals de zandbanken, zijn goed zichtbaar maar eveneens de kleinere structuren zoals zandgolven, kunnen uit dit beeld afgeleid worden. Indien echter gedetailleerde morfologische studies uitgevoerd moeten worden, is het wenselijk gebruik te maken van andere gesofistikeerdere meetinstrumenten zoals een multibeamlodingssysteem. Dergelijke toestellen die diepte-informatie verschaffen over een breedte van verschillende malen de waterdiepte, zijn geïnstalleerd aan boord van de Ter Streep (Afdeling Waterwegen Kust) en de Belgica (BMM).

Multibeamsystemen laten toe om de bodemmorfologie te analyseren tot het niveau van de megarijbbels en zijn dan ook uitermate geschikt voor wetenschappelijke doeleinden zoals de monitoring van bepaalde activiteiten zoals de zandontginning. Multibeamopnamen werden op het BCP reeds uitgevoerd in de zandontginningszones (door het Ministerie van Economische Zaken) en op een aantal kleine secties van de Kustbanken en Hinderbanken (hoofdzakelijk door het RCMG, Universiteit Gent (Deleu, 2001; Charlet 2001, Degraer et al. 2002, Deleu 2002, Verfaillie 2002, Vanstaen 2002)).

Ook met behulp van side-scan sonar kan de bodemmorfologie in detail bestudeerd worden (Lanckneus et al., 1994; Van Lancker 1993, Van Lancker et al. 2000, Degraer et al. 2002). De resolutie van de side-scan sonar ligt nog hoger dan van een multibeamstelsel, maar numerische informatie over de diepte kan met dit toestel niet bekomen worden.

Een groot aantal stalen werd reeds genomen van de oppervlakkige bodemsedimenten van het BCP. Deze werden in de meeste gevallen genomen met een Van Veen grijper (en in mindere mate met een boxcorer).



Een kaart met de verspreiding van de genomen stalen toont duidelijk aan dat het grootste deel van de stalen genomen werd in de kustzone en dat het aantal stalen in de meer zeewaartse gelegen delen omgekeerd evenredig is met de afstand tot de kust. Voorts is er meer sedimentologische informatie beschikbaar over de oostkust dan over de westkust. Dit is het gevolg van de uitgebreide staalnamecampagnes die gehouden werden rond Zeebrugge in het kader van de uitbouw van de haven. Hier moet men echter rekening houden met het feit dat de oppervlakkige sedimentologie en topografie in de nabijheid van de nieuwe havenmuren grondig veranderd werd door de havenuitbouw en dat een groot deel van de informatie die verzameld werd in het kader van de werken vandaag de dag niet meer geldig is.

## Referenties

- Charlet, F. 2001. Etude de la dynamique sédimentaire et morphologique d'un haut-fond marin: Le Paardenmarkt, Mer du Nord méridionale. Apports d'une étude couplée: granulométrie / outils acoustiques/ modélisation des courants. Unpublished Msc Thesis, Universiteit Gent, Renard centre of Marine Geology, 74 pp.
- Degraer, S., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Vincx, M., Jacobs, P. & Henriët, JP., 2002. Intensive evaluation of the evolution of a protected benthic habitat: HABITAT. Final scientific report . Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), 184 p.
- Deleu, S., 2001. Zeebodemmobiliteitstudie van de Hinderbanken regio. Unpublished Thesis, Ghent University, Renard Centre of Marine Geology,
- Deleu, S., 2002. Tide-topography interaction near the kink of the Westhinder sandbank. Unpublished Msc Thesis, Ghent University, Renard Centre of Marine Geology.
- Lanckneus, J., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Van Den Eynde, D., Fettweis, M., De Batist, M., Jacobs, P., 2001. Investigation of the natural sand transport on the Belgian continental shelf (BUDGET). Final scientific report. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), 104 pp. + 87 pp. Annex.
- Lanckneus, J., De Moor, G. and Stolk, A., 1994. Environmental setting, morphology and volumetric evolution of the Midelkerke Bank (Southern North Sea). *Marine Geology*, 121, 1-21.
- Maes, F., Cliquet, A., Seys, J., Meire, P., Offringa, H. 2000. Limited Atlas of the Belgian Part of the North Sea. Publication Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs, 31 pp.
- Missiaen, T., Henriët, J.-P. and the Paardenmarkt Project Team, 2001. Paardenmarkt Site Evaluation. Final report (DWTC project Nr MN/02/88).
- Van Lancker, V. 1993. Studie van de morfologie en sedimentdynamiek op het centrale deel van de Gootebank, Zuidelijke Noordzee. Unpublished Thesis, Universiteit Gent, Gent, 101 pp.
- Van Lancker, V.R.M., Honeybun, S.D. & Moerkerke, G. 2000. Sediment transport pathways in the Broers Bank - Westdiep coastal system. Preliminary results. In: A. TRENTESAUX and T. GARLAN (Editors), *Marine Sandwave Dynamics*, International Workshop. University of Lille 1, France, Lille (FR), pp. 205-212.
- Vanstaen, K., 2002. Het gebruik van GIS bij de fysische karakterisatie van de Belgische kustnabije zone. Unpublished Thesis, Ghent University, Renard Centre of Marine Geology.
- Verfaillie, E., 2002. Evaluation of sonar techniques for the determination of the occurrence of macrobenthic communities. Unpublished Msc Thesis, Ghent University, Renard Centre of Marine Geology.
- Welvaert, M., 2001. De Belgische zeevisserij Aanvoer en Besomming. Ministerie van Middenstand en Landbouw, Bestuur voor het Landbouwbeleid, Dienst Zeevisserij, Administratief Centrum Vrijhavenstraat 5, 8400 Oostende.

## **STAND VAN ZAKEN MILIEUEFFECTRAPPORTAGE VOOR KUSTGEBIEDEN : EEN KRITISCHE BENADERING VAN MER'S OP LAND EN ZEE**

Dick van Straaten

Dick Van Straaten: Projectleider Milieu Management Informatiesysteem MMIS

Milieu Management Informatiesysteem, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Cel MMIS, Koningstraat 93, bus 2, 1000 Brussel; Tel. 02/2271471; Fax: 02/2271475. E-mail: dick@milieuinfo.be

Vlaanderen heeft reeds meer dan 15 jaar de milieueffectrapportage (m.e.r.) uitgevoerd op basis van 5 voorlopige besluiten (23 maart 1989) van de toenmalige Vlaamse Executieve. Gedurende die periode is het m.e.r.-proces informeel aangepast om vooral tegemoet te komen aan tekortkomingen zoals de kwaliteit van de milieueffectrapporten, de inbreng van het publiek, maar vooral het doorwegen van de bevindingen in het Milieueffectrapport (MER) in de besluitvorming. Tot nu toe wordt de milieueffectrapportage nog altijd teveel beschouwd als een noodzakelijk 'kwaad' en te weinig als een instrument om enerzijds te zoeken naar milieuvriendelijkere alternatieven en/of maatregelen en anderzijds een beter maatschappelijk draagvlak (naar lokale bevolking dan) te krijgen voor de uitvoering van een bepaald project.

Daarnaast bleek de efficiëntie van het instrument toch relatief te zijn, de voorgestelde milderende maatregelen hebben in weinig gevallen een doorwerking in de daaropvolgende vergunningsverlening, of worden niet echt gerespecteerd (uitblijven van een efficient handhavingsbeleid). Toch zijn er de laatste jaren terug wat positieve geluiden hieromtrent: de strategische milieueffectrapportage betreft veel sneller milieuaspecten in de besluitvorming en zou de daaropvolgende project-m.e.r.'s korter en efficiënter maken.

Strategische m.e.r. is opgenomen in het nieuwe m.e.r.-decreet en wordt daar ook 'plan-m.e.r.' genoemd. In deze bijdrage wordt dieper ingegaan op de vernieuwingen in dit decreet. De noodzaak ervan is heel duidelijk geworden, niet alleen als efficient instrument voor het milieubeleid, maar ook in navolging van internationale verplichtingen. Europa heeft een richtlijn van kracht gemaakt omtrent milieueffectrapportage voor plannen en programma's, het verdrag van Espoo regelt grensoverschrijdende milieueffectrapportage en het Aarhus-verdrag verplicht de ratificerende landen eveneens voor meer inspraak en toegang tot milieuinformatie voor de burgers.

Vlaanderen heeft nog weinig ervaring met milieueffectrapportage op het strategische of planniveau, doch zeer onlangs werd een informele poging ondernomen om het 'master'plan omtrent het mobiliteitsbeleid in Vlaanderen te 'bemerren' met strategische milieueffectrapportage. Daarnaast bestaat enige ervaring m.b.t. grote infrastructuurprojecten.

Ten aanzien van projecten of plannen/programma's 'op zee' bestaat amper ervaring, deels omdat Vlaanderen daar niet toe bevoegd is. Daarom werd eind 2000 een Koninklijk besluit op Federaal niveau van kracht betreffende de milieu-effectenbeoordeling in toepassing van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu en de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Dit besluit werd onlangs toegepast op de besluitvorming rond het windmolenpark aan de kust. Toch zou ook voor het milieubeleid 'ter zee' een meer strategische milieueffectrapportage een veel efficiënter instrument zijn, zeker indien het gaat over locatieafwegingen voor projecten zoals die voor windmolenparken. In de bijdrage wordt dieper ingegaan hoe de ervaringen opgedaan 'te land' kunnen toegepast worden 'ter zee', zowel op procesniveau (de besluitvorming) als methodologische aspecten.

## NOOD AAN EVALUATIEMIDDELEN VOOR DE OPVOLGING VAN KUSTSYSTEMEN

Vera Van Lancker<sup>1</sup>, Geert Moerkerke<sup>1,4</sup>, Michael Fettweis<sup>2</sup>, Dries Van den Eynde<sup>2</sup>,  
Jaak Monbaliu<sup>3</sup>, Jean Lanckneus<sup>4</sup> & Steven Degraer<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universiteit Gent. Renard Centre of Marine Geology, Krijgslaan 281, s-8. B-9000 Gent. Tel +32 9 264 45 89, Fax +32 9 264 49 67, E-mail: [Vera.VanLancker@rug.ac.be](mailto:Vera.VanLancker@rug.ac.be); [Geert.Moerkerke@rug.ac.be](mailto:Geert.Moerkerke@rug.ac.be)

<sup>2</sup>Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee, Gulledele 100, B-1200 Brussel.  
Tel +32 2 773 21 32; Fax +32 2 770 69 72.

E-mail: [d.vandeneinde@mumm.ac.be](mailto:d.vandeneinde@mumm.ac.be); [m.fettweis@mumm.ac.be](mailto:m.fettweis@mumm.ac.be)

<sup>3</sup>Katholieke Universiteit Leuven, Laboratorium voor Hydraulica. Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee.  
Tel. +32 16 32 16 61; Fax. +32 16 32 19 89. E-mail: [Jaak.monbaliu@bwk.kuleuven.ac.be](mailto:Jaak.monbaliu@bwk.kuleuven.ac.be)

<sup>4</sup>Marine Geological Assistance (Magelas), Violierstraat 24, B-9820 Merelbeke.  
Tel & Fax +32 9 232 57 04. E-mail: [info@magelas.be](mailto:info@magelas.be)

<sup>5</sup>Universiteit Gent. Departement Biologie. Sectie Mariene Biologie, Ledeganckstraat 35. B-9000 Gent.  
Tel +32 9 264 52 52, Fax +32 9 264 53 44. E-mail: [Steven.Degraer@rug.ac.be](mailto:Steven.Degraer@rug.ac.be)

---

### Context

Een duurzaam beheer van de Belgische exclusief economische zone (EEZ) wordt meer en meer een dwingende noodzaak. Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de hogere vraag naar mariene aggregaten, maar andere gebruikers, zoals de baggerindustrie, induceren tevens een hoge stress op het zeebodemmilieu. Teneinde vooruit te lopen op toekomstige ontwikkelingen, met inbegrip van de implementatie van windmolenparken, wordt gestreefd naar de ontwikkeling van efficiënte evaluatietechnieken en strategieën die op de meest recente en beschikbare kennis steunen.

In het kader van het PODOII programma van de Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden (DWTC) is recent het project -Marebasse- (2002-2006) gestart ('*Management, Research and Budgeting of Aggregates in Shelf Seas related to End-users*'). Dit project anticipeert op de oproep tot strategisch onderzoek van mariene ecosystemen en voor een beleid gericht op de duurzame ontwikkeling van de Noordzee (onderzoekslijn '*Evaluatie van sedimentaire systemen en ontwikkeling van nieuwe evaluatietechnologieën met het oog op een duurzaam beheer van de Belgisch exclusieve economische zone (EEZ)*').

Een evaluatie van sedimentaire systemen vraagt om de ontwikkeling van aangepaste meettechnieken en strategieën die voldoende efficiënt en flexibel zijn om ook aan de toekomstige noden te voldoen inzake de exploitatie van de EEZ. Het project beantwoordt aan het concept van '*duurzaam beheer*', door rekening te houden met de verschillende gebruikers van de zee, zoals de mariene winning van aggregaten, bagger- en stortoperaties en de inplanting van windmolenparken, echter met de nadruk op de sedimenten zelf.



## Het onderzoeksproject -Marebasse-

Het -Marebasse- onderzoeksproject is hoofdzakelijk bedoeld om een *integraal kader* op te zetten voor de studie van mariene sedimenten. Dit kader wordt essentieel geacht om beheers- en beleidsvragen te kunnen beantwoorden over hoe een duurzame exploitatie van mariene grondstoffen moet worden gezien en welke aanpak hierbij moet worden nagestreefd. Dit impliceert een essentiële uitbreiding van de kennis van de sedimenten, hun verspreiding en van hun dynamische omgeving. Een holistische aanpak is ideaal, doch het is duidelijk dat gelimiteerde tijd en middelen beperkingen opleggen. Desondanks kan met de hedendaagse instrumentatie en technieken, in combinatie met de noodzakelijke 'know-how', deze tekortkoming grotendeels worden overwonnen.

Het project is gestructureerd rond een drieledige benadering die drie verschillende ruimtelijke schalen omvat: breed, regionaal en plaatsgebonden. Meetprogramma's zijn een belangrijk onderdeel van het regionaal en plaatsgebonden onderzoek, evenwel met een koppeling naar de **ruimtelijk bredere benadering** toe die essentieel wordt geacht teneinde sedimentaire systemen te evalueren binnen een grootschaliger sedimentdynamisch kader. Ter ondersteuning zal hiertoe dan ook een verfijnd tweedimensionaal hydrodynamisch en sedimenttransportmodel verder worden ontwikkeld.

Op een **regionale schaal** worden strategieën en evaluatiemiddelen ontwikkeld voor het opstellen van geoptimaliseerde en wetenschappelijk onderbouwde *milieustudies* met het oog op een duurzaam beheer van de Belgisch exclusief economische zone (EEZ). In overleg met een Adviescomité worden sediment- en/of onderwerpgebonden onderzoekslocaties geselecteerd tevens met het doel de verschillende mariene sedimenttypes op het BCP te omvatten en zodoende de best mogelijke technieken te testen en af te ijken voor de evaluatie en de kartering van slib- tot grindrijke sedimenten.

Een volledig zeebodembedekkend geo-akoestisch onderzoek is voorzien, simultaan gebruikmakende van state-of-the-art technologie zoals multibeam echosounding en digitale side-scan sonar en dit vooral ter uitwerking van optimale akoestische zeebodemklassificatietechnieken die tevens moeten dienen ter evaluatie van de ecologische waarde van de gebieden. Ter verificatie wordt dan ook groot belang gehecht aan het nemen van *kwantitatieve* bodemmonsters en dit met verschillende toestellen en in combinatie met video-opnamen. Voor 3 duidelijk verschillende sites zullen tevens hydrodynamische en sedimenttransportmetingen worden uitgevoerd die geïntegreerd met de andere gegevens zullen uitgewerkt worden tot een sedimenttransportmodel per typegebied.

Een **intensief en geïntegreerd site-onderzoek** is gepland op het centrale gedeelte van de Kwinte Bank, de zandbank meest onderhevig aan aggregaatextractie en aldus werd deze zone gekozen voor het opstellen van richtlijnen en protocols voor milieueffectstudies in het mariene milieu. Dit onderzoek is uniek aangezien de schaal van het gebied een grondige studie mogelijk maakt en dit met de modernste instrumenten en middelen (zie hierboven met inbegrip van heel hoge resolutie seismiek en een bodemframe voor gedetailleerde hydrodynamische en sedimenttransportmetingen). Bovendien bestaan er lange tijdreeksen van gegevens, is er een grondige kennis van de huidige situatie voorhanden en gaan de ecologische studies van het gebied terug tot in 1978. De studie verloopt in nauwe samenwerking met het Zandwinningsfonds van het Ministerie van Economische Zaken, die een intensieve monitoring van de bathymetrie en van de oppervlakesedimenten van deze zone uitvoert.

Uitgaande van de hydrodynamische en sedimenttransportmodellering, zal een sedimentbalans worden opgesteld voor de Kwinte Bank, en dit zowel voor het suspensie- als voor het bodemtransport. Dit luik omvat tevens de modellering van golven en van de effecten van de golven op de bodemspanningen aangezien deze een belangrijk effect op het sedimenttransport kunnen hebben. De fysische modellering zal tevens worden uitgevoerd om de effecten na te gaan van de veranderingen onder de invloed van de extractie van mariene aggregaten. Een analyse van de tijdsafhankelijkheid zal toelaten een extrapolatie van de korte-termijnresultaten uit te voeren naar lange-termijn transportpatronen en sedimentbudgetten. Het geheel aan informatie zal worden samengebracht in een milieueffectstudie.

Een overzicht van de belangrijkste componenten van het project is verder schematisch voorgesteld (Figuur 1). Hierbij komt de interactie tussen de verschillende partners aan bod en een reeds samengestelde groep van eindgebruikers die hun steun verlenen aan het project.

Het project is 'geclusterd' met de DWTC-PODOII projecten Balans (*Afweging van de menselijke activiteiten in het Belgisch deel van de Noordzee*; Maes et al.) en Trophos (*Higher trophic levels in the Southern North Sea*, Vincx et al.).

In internationaal verband sluit het project aan bij het EU-FP5 onderzoekstrainingsnetwerk EUMARSAND dat op een Europees niveau wil anticiperen op de noodzaak voor een geïntegreerde en coherente aanpak van de mariene aggregaatextractie. Het hoofddoel is echter jonge Europese onderzoekers tot op een hoog niveau op te leiden en dit met het doel hun wegwijs te maken in de individuele onderzoeksbenaderingen, maar met een geïntegreerde en evenwichtige visie van de vaak moeilijke en adverse actoren. Het project wordt gedragen door 9 Europese partners (Fundacion AZTI, Spanje; University of Southampton, Verenigd Koninkrijk; Universiteit Gent, België; National & Kapodistrian University of Athens, Griekenland; University of the Aegean, Griekenland; Maritime Institute in Gdansk, Polen; Université du Littoral Côte d'Opale, Frankrijk; Universiteit Twente, Nederland en Christian-Albrechts-Universitaet zu Kiel, Duitsland).

### **Te verwachten onderzoeksresultaten en hun valorisatie**

Daar de integratie en de valorisatie/exploitatie van de onderzoeksresultaten een inherent deel uitmaken van het project, wordt er gestreefd naar hoge kwaliteit eindprodukten en strategieën. De belangrijkste eindprodukten kunnen als volgt worden samengevat:

- Overzicht van de huidige kennis van mariene sedimenten rekening houdend met de noden van de aggregaatextractiebedrijven, baggerproblematiek en Europese milieu(effect)-studies
- 2D sedimenttransportmodel van het Belgisch continentaal plat (BCP) als een evaluatiemethode voor een duurzaam beheer van de EEZ
- Definiëring van optimale milieustudies
- Ontwikkeling van evaluatietechnieken en strategieën voor milieustudies (het opstellen van ondubbelzinnige akoestische zeebodemklassen voor de sedimenttypes van het BCP; het opstellen van een referentiehandleiding van akoestische faciessen op BCP niveau inclusief hun eco-morfologische interpretatie; 3D sedimenttransportmodel)
- Definiëring van optimale milieueffectstudies



- Opstelling van een geïntegreerd studiekader voor mariene aggregaten inclusief een kartografie van de verdeling van de oppervlakkige sedimenten op schaal van het Belgisch continentaal plat
- *Doelgerichte* kartografie in functie van de noden van de eindgebruikers en uitwerking van een geografisch informatiesysteem betreffende de Belgische mariene aggregaten
- Ontwikkeling van *doelgerichte* milieustudietechnieken en strategieën
- Richtlijnen en protocols voor het opstellen van controleprogramma's en onderzoek

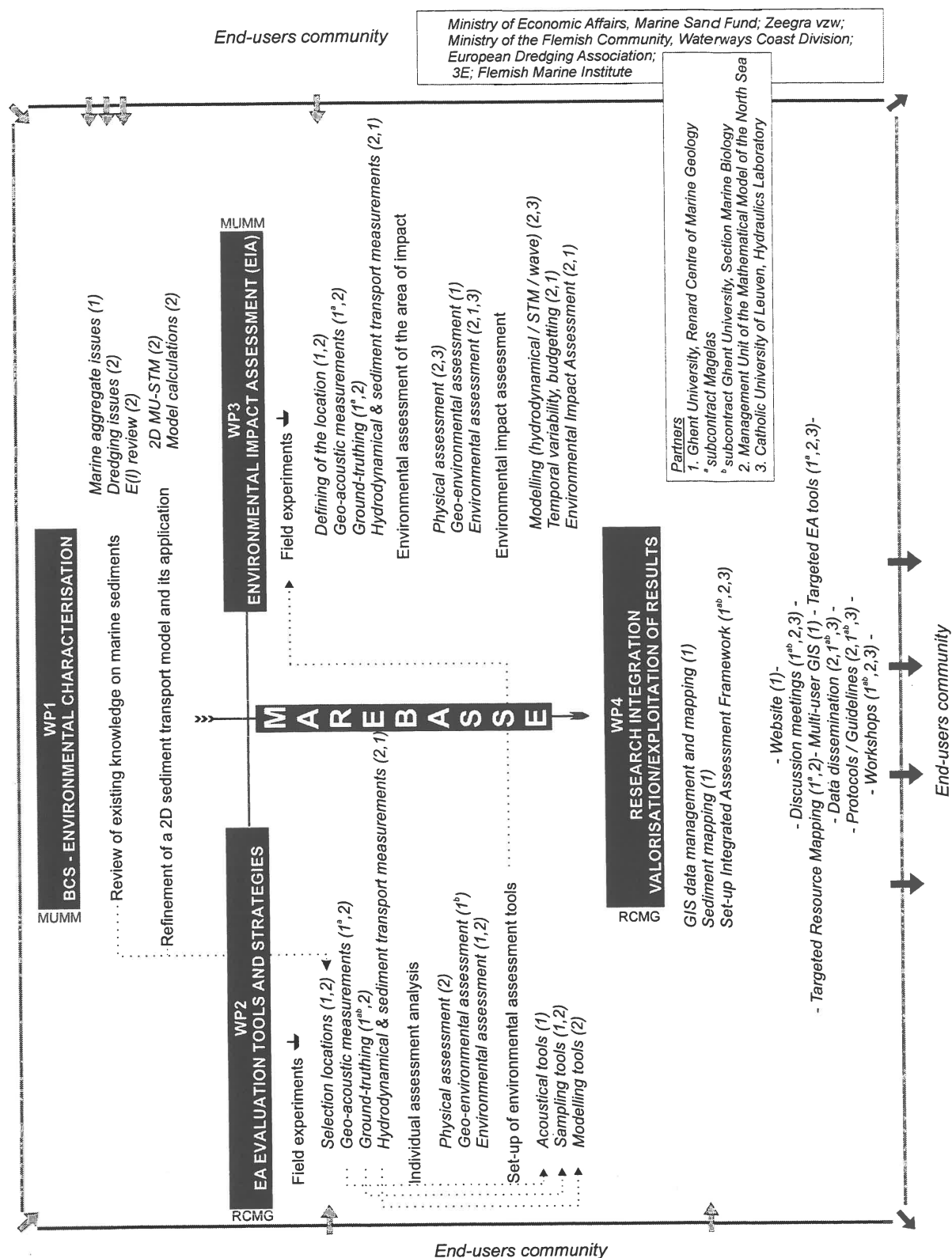
Van belang hierbij was de oprichting van een externe adviesgroep teneinde aanbevelingen en raad over de uitvoerbaarheid van de projectfacetten te verschaffen en vertrouwd te raken met de vragen van de eindgebruikers. Hierbij werd een evenwicht gezocht enerzijds tussen overheidsinstellingen, industriële groepen en KMO's en anderzijds tussen de verschillende hoofdgebruikers van de EEZ. Naar de industrie toe werd de voorkeur gegeven aan personen die bredere industriële belangen vertegenwoordigen (zie schema).

### **Data verspreiding**

De verzamelde gegevens zullen verspreid worden door gebruik te maken van de IDOD database (Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee). Het doel van IDOD is de realisatie, het beheer en de promotie van een database van mariene gegevens strevend naar een vlotte en wetenschappelijk correcte datastroom tussen de dataproducenten en de specifieke eisen van de eindgebruikers. Bovendien staat het Vlaams Instituut van de Zee garant voor de organisatie van een discussieforum ter uitwisseling van de projectinformatie en het opnemen van gepubliceerde informatie in haar databases.

Twee workshops zijn voorzien ter voorstelling van de wetenschappelijke/technische resultaten en de nieuwe methodologieën, ontwikkeld voor het beheer en de modellering van de Belgische EEZ.

Tot slot dient het benadrukt dat de filosofie van de -Marebasse- groep ligt in het concept van een wetenschappelijk gefundeerde aanpak van het beheer. Verder is het de overtuiging van de groep dat voor een duurzaam beheer van de EEZ de noden van de verschillende eindgebruikers geïntegreerd moeten worden en dat, hoe beter hun noden worden erkend, hoe gericht en hoe omzichtiger de EEZ kan worden geëxploiteerd.



Figuur 1. Schematische voorstelling van het -Marebasse- onderzoeksproject.

## TOEPASSINGEN VAN MODELLERING IN KUSTZONE-ONDERZOEK

Tom De Mulder, Marc Willems en Youri Meersschaut

dr. ir. Tom De Mulder; ir. Marc Willems; ir. Youri Meersschaut. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek. Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. Tel. +32(0)3 224 60 35; Fax +32(0)3 224 60 36.

E-mail: [tom.demulder@lin.vlaanderen.be](mailto:tom.demulder@lin.vlaanderen.be); [marc.willems@lin.vlaanderen.be](mailto:marc.willems@lin.vlaanderen.be); [youri.meersschaut@lin.vlaanderen.be](mailto:youri.meersschaut@lin.vlaanderen.be); Web: <http://watlab.lin.vlaanderen.be>

---

### Inleiding

Het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout (WLB) – dat ondertussen de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek (WLH) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) is geworden - is in 1933 opgericht als afdeling van de toenmalige Antwerpse Zeediensten. De bedoeling was een studie- en kenniscentrum op te richten inzake de hydraulische en morfologische veranderingen aan het Schelde-estuarium tengevolge van menselijke ingrepen en natuurlijke processen.

De bij deze studies ontwikkelde kennis en onderzoeksvaardigheden met betrekking tot hydraulica, sedimenttransport en rivierwaterbouwkunde, werden na verloop van tijd ook toegepast buiten het strikte domein van rivieren (en kanalen). Zo werden er geleidelijk aan ook kustwaterbouwkundige studies uitgevoerd in opdracht van de Dienst der Kust – die ondertussen de afdeling Waterwegen Kust (WWK) van AWZ is geworden.

Met name de zeewaartse uitbouw van de haven van Zeebrugge in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw, heeft aanleiding gegeven tot jarenlang onderzoek op het WLB, maar ook elders. Voor alle betrokkenen kan deze 'case' dan ook beschouwd worden als een belangrijke katalysator voor onderzoek en kennisvergarig omtrent kustwaterbouwkunde.

Belangrijke onderzoeksvragen met het oog op het ontwerp en de bouw van de haven, waren de effecten van de omgeving (getijstroming, golven, zeebodemsedimenten) op de te bouwen structuren (havendammen, vaargeul, enz.). Andersom werden ook de effecten van de uitbouw op de omgeving intensief bestudeerd. Denken we maar aan het gewijzigd stromingspatroon (stromingscontractie) tengevolge van de zeewaartse uitbouw, wat belangrijke nautische (gewijzigde krachten op in- en uitvarende schepen) en morfologische (erosiekuilen) implicaties heeft. Andere belangrijke onderzoeksvragen betroffen de effecten van de havenuitbouw op de kustlijnevolutie en kustverdediging. Denken we maar aan de gevolgen van de havenuitbouw op het langstransport van sedimenten langsheen de kust, dat zich manifesteert in aanzanding resp. erosie.

De rol van het WLB in dit kustgebonden onderzoek situeerde zich aanvankelijk op het vlak van de fysische schaalmodellen - al dan niet met 'beweegbare' bodem (d.i. al dan niet voorzien van transporteerbare modelsedimenten op de bodem) - waarop de werkelijkheid op kleine schaal wordt nagebouwd en onderworpen wordt aan de effecten van getij, stroming en golven. Later kwamen er ook wiskundige modellen bij om de werkelijkheid via computersimulaties na te bootsen, en tenslotte zelfs een scheepsmanoeuvresimulator waarop loodsen en kapiteins in een virtuele omgeving een schip kunnen binnenvaren in reeds bestaande of nieuw ontworpen haveninfrastructuur. Met deze faciliteiten is dan ook geïntegreerd hydraulisch en nautisch onderzoek mogelijk ten behoeve van het ontwerp van haven- en kustverdedigingsinfrastructuur (ref. [1]).

Sinds de uitbouw van Zeebrugge heeft de afdeling WWK (en ook andere opdrachtgevers) nog kustgebonden onderzoeksopdrachten opgedragen aan de afdeling WLH. Denken we maar aan de studies in het kader van het ontwerp van een nieuwe strandsuppletie voor Knokke-Zoute en van het ontwerp van de nieuwe kustverdediging en haventoeegang te Oostende.

Deze bijdrage wil vooral een overzicht geven van deze recente onderzoeksactiviteiten van WLH, zonder evenwel volledigheid en diepgang na te streven. Daarnaast ook een kort woordje over enkele onderzoeksactiviteiten met een meer fundamenteel-wetenschappelijk karakter. Er zal ook niet nagelaten worden te wijzen op andere betrokkenen (overheidsdiensten, studiebureaus, universiteiten e.d.) waar WLH mee samenwerkt in het kader van dergelijke studies.

### **Kustverdediging en verbeterde haventoeegang te Oostende**

De afdeling WWK heeft sinds geruime tijd plannen voor ten eerste de verbetering van de kustveiligheid te Oostende-Centrum en ten tweede een verbeterde haventoeegang naar de haven van Oostende (ref. [2]).

De verbeterde kustveiligheid is nodig omdat de 130 jaar oude zeedijk veel te laag is om Oostende te beschermen tegen zeer zware stormen, en bovendien in slechte staat verkeert. Bij dergelijke stormen treden er grote golven op die met geweld breken op de zeedijk en de bekleding ervan regelmatig aantasten. Deze golven lopen ook gedeeltelijk de zeedijkhelling op (golfploop) of slaan zelfs over de kruin van de zeedijk (golfoverslag). In dit laatste geval kan een groot overslagdebiet een ernstig overstromingsgevaar betekenen voor Oostende-Centrum.

De afdeling WWK wil daaraan verhelpen door een aantal werken uit te voeren. Zo zal ondermeer een nieuw strand worden aangelegd vóór de zeedijk tussen het Zeeheldenplein en het casino van Oostende (Figuur 1). Daartoe zal zand dat wordt gebaggerd in de vaargeulen naar de kusthavens en naar de Westerschelde, worden opgespoten. Deze techniek wordt de techniek van de zandsuppletie genoemd.



© Architectuur & Stedebouw E+W Eggermont - POLYGON Architectural Graphics

Figuur 1. Illustratie van ontwerp strand en aanzet westelijke havendam te Oostende



Door het aanbrengen van een strand vóór de zeedijk worden de grote golven bij storm reeds gebroken op het strand. Daardoor wordt het geweld van de golven die vanuit zee het land naderen opgevangen door het strand, zodat de zeedijk en het achterland beter beschermd worden tegen overstromingen.

Naast de werken ter verbetering van de kustveiligheid worden ook werken gepland ter verbetering van de haventoeegang naar de haven van Oostende. Momenteel wordt de haveningang afgeboord door twee staketsels. Op termijn zullen er echter twee havendammen worden gebouwd. De westelijke dam situeert zich aan de rand van bovengenoemde zandsuppletie ter hoogte van Oostende-Centrum, terwijl de oostelijke dam aan de andere oever van de havengeul wordt aangezet. Op deze wijze ontstaat een echte havenmond die enkele honderden meters in zee zal steken.

Doorheen de havenmond kunnen echter nog golven binnendringen en ondermeer het stuk zeedijk ter hoogte van het Zeeheldenplein bedreigen. Vermits men echter binnen de havenmond geen strand kan aanleggen om het overstromingsgevaar te verkleinen (zoals hierboven werd beschreven), is voor een andere oplossing gekozen. Ter hoogte van het Zeeheldenplein zal een nieuwe zeedijkvloeiing worden aangelegd onder de vorm van een plateauconstructie.

De afdeling WLH is sinds enkele jaren intensief betrokken bij de studies naar aanleiding van de geplande werken, die door de afdeling WWK werden opgedragen aan gespecialiseerde studiebureaus (Haecon, Technum). Zo zijn door WLH met wiskundige modellen reeds studies uitgevoerd omtrent de te verwachten wijzigingen in stromings- en golfcondities. Daarnaast zijn ook ontwerpen van de havendammen beproefd in schaalmodellen. Tenslotte hebben er ook reeds verschillende studies met de scheepssimulator plaatsgevonden. Deze studies hadden tot doel om zowel de bestaande als de toekomstige situatie te onderzoeken aan de hand van proefvaarten door ervaren loodsen.

In wat volgt zal dieper worden ingegaan op de 3 fysische modellen die de laatste jaren voor Oostende werden gebouwd.

Een eerste model betrof een zogenaamd "hangend strand". Het zand tegen de zeedijk van Oostende zou enkele meters verhoogd worden. Dergelijke zandsuppletie loopt natuurlijk een heel eind in zee om het te laten aansluiten op de bestaande zeebodem. Om het zandvolume te beperken, kan dan 2 m beneden laagwater een grindberm van ongeveer 3 m hoog voorzien worden die het nieuwe strand aan het zeewaartse uiteinde steun biedt (het strand "hangt" als het ware tegen de grindberm). Het ontwerp van dit hangend strand werd in het Waterbouwkundig Laboratorium beproefd in de grote golfgoot in 1998.

Het doel van dit model was de erosiebestendigheid van de zandsuppletie en de stabiliteit van de stortsteenberm in voorontwerp na te gaan. De proefresultaten toonden echter aan dat, ook bij relatief kleine golven, er een erosieput ontstond net achter de stortsteenberm (kustwaarts) en dat deze put groter en dieper werd naarmate grotere golven werden opgelegd. Bovendien bleek de stortsteenberm zich geleidelijk aan te zetten met een lagere kruinhoogte en een verbrede basis tot gevolg.



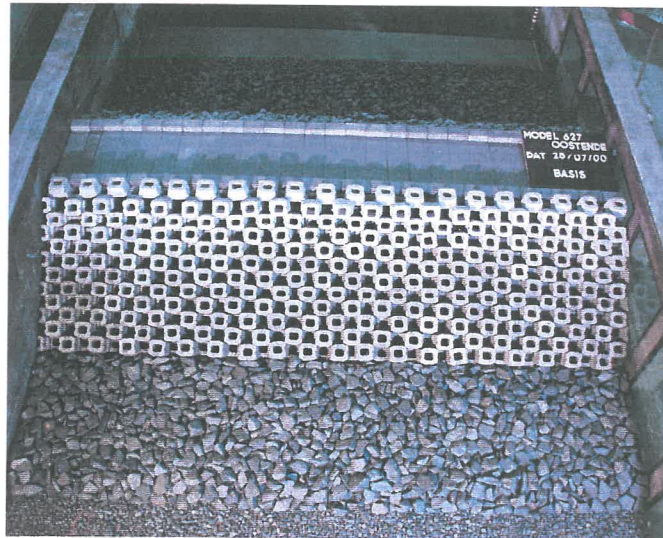
Ondertussen waren in Oostende de plannen gerezen om de haventoeegang uit te bouwen. Vermits beide projecten letterlijk naast elkaar liggen, is het natuurlijk veel beter om beide ontwerpen te integreren in 1 groot project. Dit heeft tot gevolg dat het nieuwe strand kan aansluiten op een nieuwe westelijke havendam zodat het strand langs de havenkant gesteund wordt door een grote en lange dam. Het idee is dat deze zandsuppletie verder zal "aangroeien" met zand dat gevangen wordt door de lange havendam, net zoals in Zeebrugge trouwens (hoewel de havendam in Oostende beduidend minder lang zal zijn dan deze te Zeebrugge). Vandaar dat nu gesproken wordt van het "groestrand" van Oostende.

Een tweede fysisch model kaderde in het onderzoek voor de vernieuwing van de haventoeegang. In 2000 werd een voorontwerp voor de nieuwe havendammen uitgetekend op basis van waterbouwkundige criteria. Dit voorontwerp was een stortsteendam met zogenaamde Haro-blokken als deklaagelementen. In het fysisch model diende de stabiliteit van deze havendam onder impact van golven nagekeken te worden (Figuur 2). Volgende waarnemingen werden verricht om eventuele schade te bepalen : verplaatsing van de borstwering- en wegdekelementen, verplaatsing van de Haro-blokken, verplaatsing van de stortsteen van de berm, verplaatsing van de nabestorting op de zinkstukken, overstortende golven. Foto's van de opeenvolgende proeven, genomen vanuit vaste posities, werden hiervoor op elkaar gelegd en vergeleken. De resultaten bevestigden dat aan de dam als geheel, en aan de deklaag in het bijzonder, geen zware schade optreedt onder impact van de ontwerpcondities.

Achteraf werden vanuit architecturaal en stedenbouwkundig oogpunt enkele ingrijpende wijzigingen aangebracht, met name de keuze van andere deklaagelementen en het aanbrengen van een wandelpasserelle bovenop de kruin. Dit gewijzigd ontwerp zal later ongetwijfeld opnieuw beproefd moeten worden in de WLH-golfgoot.

Het derde fysisch model is het model van de zogenaamde havendijk. Hiermee wordt de zeedijkvloeiing aan het Zeeheldenplein bedoeld, net naast de huidige haventoeegang en binnen de toekomstige havendammen. Omdat deze dijk vlak tegen de toegangsgeul van de scheepvaart ligt, kan deze dijk niet beschermd worden door een zandsuppletie en moet de dijk zelf als "harde constructie" bestand worden gemaakt tegen de golfaanval.

Om het aantal overtoppende golven evenals het overtoppingsdebiet tijdens een zware storm op een hoge waterstand te beperken, werd een plateauconstructie uitgetekend met bovenaan een "stilling wave basin (SWB)". In dit ontwerp zullen de golven inbeuken op de zeewaartse muur van het SWB en doodvallen in het SWB zelf, waardoor de overtopping over de eigenlijke kruin van de zeedijk sterk gereduceerd wordt. Deze proeven zijn nog lopende in de grote golfgoot van WLH (Figuur 3). De voorlopige resultaten tonen aan dat de plateauconstructie zeer geschikt is om golven te laten breken. Dit wordt nog verder bestudeerd in nauw overleg met de afdeling WWK en de afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de R.U.G.



Figuur 2. Proeven in WLH-golfgoot voor ontwerp havendam te Oostende



Figuur 3. Proeven in WLH-golfgoot voor ontwerp zeedijkvlooiing te Oostende



Figuur 4. Proeven in WLH-golftank voor ontwerp zandsuppletie te Knokke-Zoute

## **Zandsuppleties als kustverdediging te Knokke-Zoute**

De Belgische oostkust heeft te lijden onder een structureel erosieprobleem. Met name te Knokke-Zoute denkt de afdeling WWK aan zandsuppleties als 'zachte' kustverdediging. Het ontwerp van deze suppleties werd opgedragen aan het studiebureau Haecon. In het kader van dit ontwerp werden - in nauwe samenwerking met het Laboratorium voor Hydraulica van de R.U.G. (ref. [3]) - verschillende suppletieprofielen beproefd in het WLB. Hierbij ging het zowel om 2D-proeven in een golfgoot (waarbij zowel de effecten van het verticaal getij als van de loodrechte golfval in rekening werden gebracht) als om 3D-proeven in een golftank (waarbij naast de effecten van het verticaal getij en de golfval ook de effecten van de horizontale getijstroming werden gesimuleerd ; zie Figuur 4).

## **Golfploop en golfoverslag op stortsteengolfbrekers**

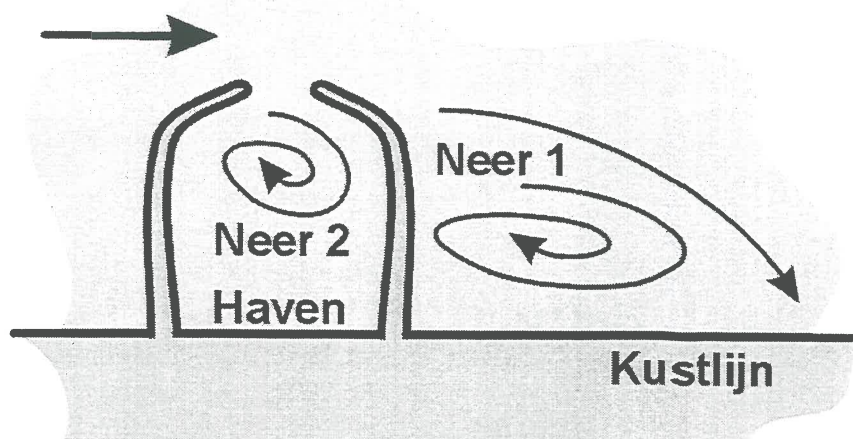
WLH heeft de voorbije jaren ook geparticipeerd aan het Europees onderzoeksproject OPTICREST ('The optimisation of crest level design of sloping coastal structures through prototype monitoring and modelling' – MAS3-CT97-0116), dat als bedoeling had de golfploop te bestuderen op stortsteengolfbrekers (zie ref. [4]). De bijdrage van WLH bestond uit modelproeven op de stortsteengolfbreker te Zeebrugge. WLH zal ook deelnemen aan het vervolgproject CLASH ('Crest level assessment of coastal structures by full scale monitoring, neural network prediction and hazard analysis on permissible wave overtopping' – EVK3-2001-00064). Dit project concentreert zich vooral op golfoverslag en de impact ervan.

## **Neervorming in havens en turbulentiemodellering**

Turbulente stromingen met vrij oppervlak in ondiep water, zoals in zeeën en rivieren, worden ondermeer gekarakteriseerd door zogenaamde 3D turbulentie tengevolge van bodemwrijving. Dit soort turbulentie en de ermee geassocieerde lengte- en tijdschalen is vrij goed gekend en de wiskundige vertaling ervan in turbulentie modellen is relatief betrouwbaar.

Naast de 3D turbulentie bestaat er echter een zogenaamde quasi-2D turbulentie die zich manifesteert in horizontale wervels of neren (Eng. eddies) met random karakter. Vooral in de buurt van 'harde' infrastructuur (havendammen, strandhoofden, kribben e.d.) kunnen deze dermate grote afwijkingen (zowel in ruimte als tijd) qua bodemschuifspanning veroorzaken dat er bijvoorbeeld aanzienlijke erosiekuilen ontstaan of dat het sedimenttransport beduidend toeneemt. Ook binnenin een havenmond kunnen deze grootschalige horizontale neren problemen veroorzaken voor nautici omdat ze moeilijk te anticiperen zijn bij het in- of uitvaren gezien hun random karakter. Daarnaast kunnen deze neren ook een significante bijdrage leveren tot het binnenbrengen van sedimenten in de havengeul- of havenmond.





Figuur 5. Neervorming in en rond een havenmond

De gebruikelijke aanpak in de wiskundige modellen om rekening te houden met de quasi-2D turbulentie, is echter vrij rudimentair. Recent zijn evenwel meer geavanceerde modellen beschikbaar gekomen, met name de zogenaamde 'Horizontal Large Eddy Simulation' (HLES).

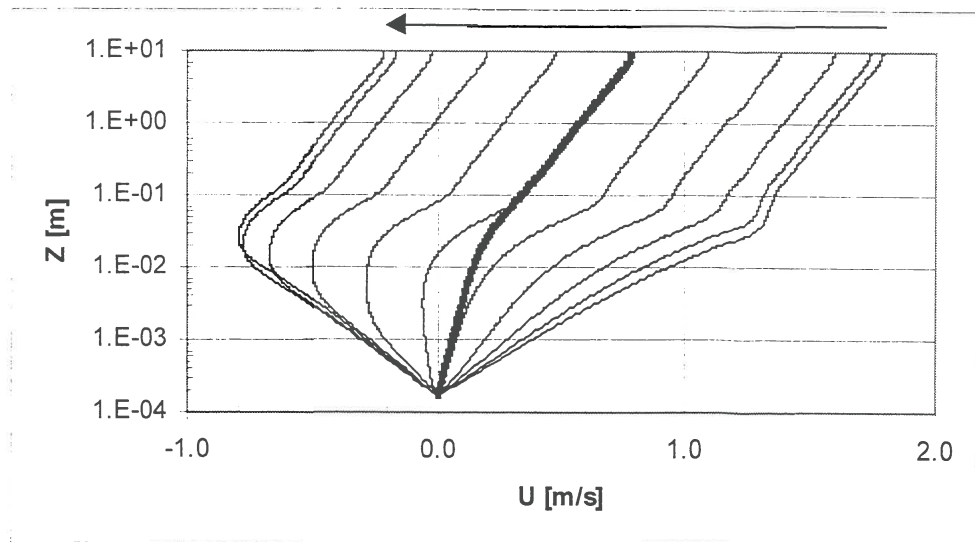
Om deze veelbelovende aanpak te toetsen in een realistische situatie is door WLH (in samenwerking met de afdeling Maritieme Schelde, DEC en WL Delft) een dertien-uurs-meetcampagne georganiseerd in de haven van Zeebrugge. Deze meetcampagne werd uitgevoerd met drie meetschepen die elk voorzien waren van akoestische snelheidsmeters aangevuld met een buitengaats liggende bodem-ADCP-meter.

In een volgende stap zal met een tweedimensionaal wiskundig model dat voorzien is van het HLES concept, de periode van de meetcampagne gesimuleerd worden en zullen de numerieke resultaten vergeleken worden met de tijdens de meetcampagne geobserveerde snelheden.

### Hydrodynamica en sedimenttransport onder golven en stroming

De afdeling WLH participeert ook aan het F.W.O. project 'Hydrodynamica en sedimenttransport – Fundamentele aspecten voor het beheer van zandige kusten' (2001-2004) van de Laboratoria voor Hydraulica van de K.U.Leuven (promotor) en van de R.U.G. Dit onderzoeksproject beoogt ondermeer de studie op kleine lengte- en tijdschalen van waterbeweging en sedimenttransport onder invloed van golven en (getij)stroming. Meer bepaald zal getracht worden de invloed van complexe golfspectra beter in rekening te brengen, en dit niet alleen op het niveau van de kleine schalen maar ook geïntegreerd naar een groter gebied en naar grotere tijdschalen. Daartoe zal experimenteel onderzoek gebeuren in een golfgoot (met superponeerbare stroming) van WLH evenals onderzoek met wiskundige modellen (Figuur 6).





Figuur 6. Numerieke simulatie van grenslaag onder stroming en golven

### Opmaak golfdatabank

In nauwe samenwerking met het Laboratorium voor Hydraulica van de K.U.Leuven, wordt op de afdeling WLH gewerkt aan de opmaak van een zogenaamde golfdatabank. De bedoeling is met behulp van numerieke golfvoortplantingsmodellen, die gecalibreerd worden aan de hand van beschikbare meetgegevens in de hydro-meteo-database van de afdeling WWK, maatgevende golfcondities te berekenen langsheen de Belgische kust. Deze golfbrandvoorwaarden kunnen dan gebruikt worden bij het toetsen van het veiligheidsniveau van de kustverdediging.

### Referenties

- [1] Mostaert F., Laforce E., Meersschaut Y., De Mulder T., Willems M., Geïntegreerd hydraulisch en nautisch onderzoek voor het ontwerpen van haven- en kustverdedigingsinfrastructuur, VLIZ Special Publication 4, p. 32-37, 2001.
- [2] AWZ, Oostende veilig voor overstromingen, Waterspiegel n° 1, januari 2001.
- [3] Huygens M., Een geïntegreerd onderzoek van zandsuppleties als kustverdediging – Toepassing voor de Belgisch Oostkust, doctoraatsthesis Toegepaste Wetenschappen, Universiteit Gent, 2001.
- [4] De Rouck J. en Van de Walle B., Golfoploop op gehele en open zeeweringen, VLIZ Special Publication 4, p. 43-47, 2001.

## RISICO-ANALYSE IN DE KUSTZONE

Bart De Wachter & Dirk Le Roy

dr. Bart De Wachter, ir. Dirk Le Roy. Ecolas NV; Lange Nieuwstraat, 2000 Antwerpen. Tel 03/233 07 03; Fax : 03/233 81 20. Email : [bart.dewachter@ecolas.be](mailto:bart.dewachter@ecolas.be); [dirk.leroy@ecolas.be](mailto:dirk.leroy@ecolas.be)  
Website : [www.ecolas.be](http://www.ecolas.be)

---

Bestaan is een risicovolle onderneming. Zowel natuurlijke gebeurtenissen en omgevingen als menselijke activiteiten dragen bij tot deze risico's.

Risico is volgens Van Dale : *het gevaar voor schade of verlies, de gevaarlijke of kwade kans of kansen die zich bij iets voordoen*. In het kader van risicoanalyse worden ook verschillende definities gehanteerd. Volgens de SRA is risico: *"The potential for realization of unwanted, adverse consequences to human life, health, property, or the environment"*.

De schatting van het risico is gewoonlijk gebaseerd op de verwachte waarde van de conditionele kans dat een gebeurtenis zich voordoet maal de consequentie van deze gebeurtenis gegeven dat ze voorkomen is.

Risico analyse tracht risico's op een wetenschappelijk manier te benaderen, te klasseren en te kwantificeren. Deze analyse is noodzakelijk zodat op een gepaste wijze kan gereageerd worden om de risico's te minimaliseren.

Risicobeheer (Risk management) tracht de optimale beleidslijnen te vinden om de bestaande risico's te minimaliseren. Hierbij wordt sinds kort gestreefd naar de integratie van het risicobeheer met het voorzorgsbeginsel of het "precautionary principle".

Het risicobeheer wordt afgerond door de risicocommunicatie die de resultaten van de analyse en de getroffen beheersmaatregelen tracht te vertalen naar de betrokkenen (stakeholders), welke vaak geen experts zijn.

Algemeen kan risicoanalyse beschreven worden als het zoeken naar de antwoorden op de volgende vragen :

1. Wat kan er verkeerd gaan ? (risicoidentificatie)
2. Hoe groot is de kans ? (risicoinschatting)
3. Wat zijn de gevolgen ? (risicoinschatting)
4. Hoe zeker is deze kennis ? (onzekerheidsanalyse)
5. Is het risico aanvaardbaar ? (risicoevaluatie)

Aan de kustzone kunnen verschillende soorten risico's geïdentificeerd worden: Gezien het complexe gebruik en de interactie tussen zee en land kunnen volgende categorieën onderscheiden worden : Abiotische risico's : stormen, dijkbreuk, verzanding, kusterosie ....; Biotische risico's : toxische algenbloei, eutrofiering, .... ; en Antropogene risico's : vervuiling, ongevallen met schepen, verwoesting van biotopen door toerisme, verlies van biodiversiteit, ....

De voordracht zal gefocused worden op de risico analyse van olievervuiling. Hierbij zal gebruik gemaakt worden van case studies nl; de risico-analyse van olievervuiling in de haven van Riga in Letland. Daarnaast zal ook een analyse gemaakt worden van de situatie aan de Belgische kust. Risico's op olievervuiling, en de mogelijk impact (soort vervuiling, ecotoxicologie, impact op het ecosysteem, duur van herstel, ecologische en economische kost...) van zulk een olievervuiling zullen behandeld worden. Deze gegevens zullen gekaderd worden in het voorkomen en de casuïstiek van olievervuiling in de wereld en lokaal. De relatie tussen het voorkomen olievervuiling en marieme aspecten (type schepen; ouderdom van de schepen; omstandigheden van accidenten) zal ook toegelicht worden. Ook de berekeningswijze van risico's voor olievervuiling wordt toegelicht.

Voor de berekening van de risico's van een olievervuiling wordt rekening gehouden met de getransporteerde hoeveelheden, de types olie die vervoerd worden; de typen schepen; de hydrodynamische omstandigheden op zee en in de haven. Daarnaast wordt op basis van algemene risico's voor scheepsrampen en specifieke risico's voor accidenten met tankers berekend wat het risico is voor olievervuiling van olietransporten van en naar de haven van Riga. Hierbij wordt ook een onderscheid gemaakt tussen verschillende onderdelen van de reis. Deze gegevens worden tenslotte uitgedrukt in spill-hoeveelheden per jaar.

Daarnaast zal ter vergelijking een analyse gemaakt worden van de situatie aan de Belgische kust.

Naast de kans op een vervuiling zal ook de mogelijk impact behandeld worden. De beschrijving en bepaling van de impact is immers het tweede belangrijk luik in risicoanalyse. Hierbij kunnen (niet limitatief) volgende zaken beschouwd worden:

- Het soort vervuiling : met andere woorden hoeveel en welke oliën (brandstoffen) kunnen vrijkomen. Het is duidelijk dat een vervuiling met een erg vluchtige brandstof een heel ander risico inhoudt en impact heeft dan een vervuiling met een ruwe olie.
- De hoeveelheid die vrijkomt : de impact van een vervuiling van enkele liters is verschillend van deze van een vervuiling van verscheidene (duizenden) ton.
- De ecotoxicologische impact. Deze is afhankelijk van het type olie en de specifieke weersomstandigheden die zullen resulteren in meer of minder mengen van het zeewater met de (toxische) componenten van de olie.
- Het type ecosysteem dat belast wordt: vergelijk bv een rostkust met een zacht glooiend zandstrand of een rifkust
- De duur van de impact : kan de vervuiling snel opgeruimd worden of duurt dit lang (en hoe wordt het opgeruimd)

Voor beide voorbeelden zal ook aandacht besteed worden aan het aspect van de risicobeheersing. In het kader van de studie in Letland wordt het bestaande Oil Spill Contingency Plan bekeken en oplossingen voor problemen voorgesteld. Voor de Belgische situatie wordt de oliebestrijding op zee behandeld. Hierbij wordt ook aandacht geschonken aan de aanschaf van materiaal.

Tenslotte zal kort aandacht geschonken worden aan de voornaamste problemen die zich momenteel stellen bij risicoanalyse in de kustzone. De belangrijkste hiervan zijn in de eerste plaats een moeilijke identificatie van de onzekerheden in de getallen, een duidelijk tekort aan publiek beschikbare gegevens en tenslotte moeilijkheden in de communicatie van de resultaten van de analyse naar beleids mensen of naar het brede publiek.

## INFORMATIESYSTEMEN ALS RUGGENGRAAT VOOR INTEGRAAL KUSTBEHEER: VISIE EN ILLUSTRATIES

Harm Albert Zanting, Marc Sas en Frank Robijn

Harm Albert Zanting: mede directeur van Resource Analysis, adviesbureau voor beleidsanalyse en procesadvies. Zuiderstraat 110, 2611 SJ Delft. Nederland. Tel. +31 15 219 15 19; Fax +31 15 212 48 92.

E-mail: [ra@resource.nl](mailto:ra@resource.nl); Web: [www.resource.nl](http://www.resource.nl)

Marc Sas: deeltijds senior adviseur integraal waterbeheer voor Resource Analysis, vestiging Antwerpen. Wilrijkstraat 37, 2140 Antwerpen. Tel. +32 3 270 00 30; Fax +32 3 270 00 31. E-mail: [ra@resource.be](mailto:ra@resource.be); Web: [www.resource.be](http://www.resource.be); directeur van IMDC (+32 3 2709295).

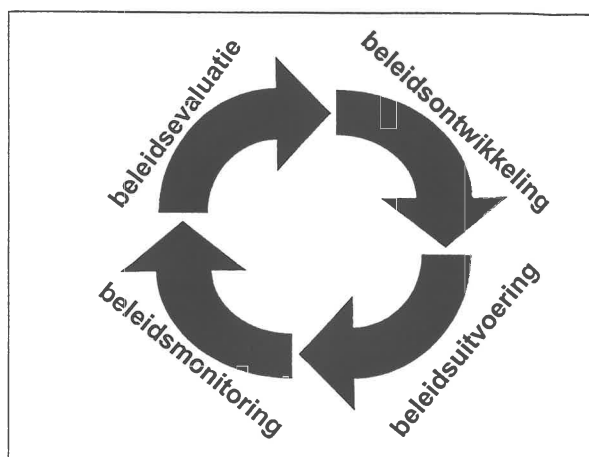
Frank Robijn: specialist informatiesystemen en softwareontwikkeling bij Resource Analysis.

Dit artikel (en de presentatie op het colloquium *Kustzonebeheer vanuit geo-ecologische en economische invalshoek* van 16 mei in Oostende) bespreekt de rol die goed ontworpen en toegepaste informatiesystemen kunnen spelen bij werkelijk integraal kustzonebeheer. Daartoe wordt kort ingegaan op het begrip Integraal Kustzonebeheer: de beleidscyclus, de betrokken disciplines, de aanpalende beleidsterreinen, de betrokken belanghebbenden. Daarmee wordt duidelijk dat Integraal Kustzonebeheer een complexe en veelsoortige zaak is. Adequate informatie speelt een cruciale rol in dit geheel. En een goed informatiebeheer wordt dan de ruggengraat. Een ruggengraat zorgt voor stevigheid, verbindt de onderdelen van het organisme en herbergt de zenuwbanen waarlangs de informatie-uitwisseling tussen de onderdelen verloopt. Zonder ruggengraat kan een organisme niet leven. Enkele voorbeelden van (incomplete) informatiesystemen uit de adviespraktijk van Resource Analysis illustreren de ontwikkelde visie.

### 1. Integraal Kustbeheer

#### *complete beleidscyclus*

Onder de term Integraal Kustbeheer, of liever Integraal Kustzonebeheer, moet de gehele cyclus worden verstaan van het in kaart brengen van de problematiek tot het ontwikkelen van (nieuw) beleid; dit beleid implementeren (uitvoeren), de voortgang en de effecten monitoren en evalueren en vervolgens het beleid bijstellen en/of nieuw beleid ontwikkelen. Onderstaande figuur illustreert deze beleidscyclus.





Zonder enig respect voor details en nuances kan de beleidscyclus als volgt worden beschreven. De (virtuele) start ligt bij het bedenken van (nieuw) beleid voor een kustgebied. Dit is op zich nog niet zo moeilijk. Om dat enigszins verantwoord te doen is veel complexer, want dan zal er iets bekend moeten zijn over de te verwachten effecten van dat beleid. Zogenaamde ex-ante beleidsanalyse, al of niet gebaseerd op kwantitatieve voorspellingen van de gevolgen van beleidsalternatieven, is dan nodig. Na onderzoek, wikken en wegen en politiek debat worden besluiten genomen over het beleid en beheer in de kustzone. Dat beleid zal moeten worden geïmplementeerd via maatregelen. Dat gebeurt niet in eens, maar gedurende een zekere periode. Parallel aan de implementatie zou de beleidsmonitoring moeten starten. Dat is in de praktijk lang niet altijd gebruikelijk. Beleidsmonitoring heeft grofweg twee dimensies: (1) meten of de voorgenomen activiteiten worden uitgevoerd en (2) meten of en hoe het kuststelsel verandert. Na een (afgesproken) periode zal het ingezette beleid worden geëvalueerd (ex-post beleidsanalyse). Er wordt teruggekeken of de gestelde doelen zijn behaald en of dat op een effectieve manier is gebeurd. De evaluatie kan aanleiding zijn om het beleid bij te stellen of een andere weg in te slaan, waarmee de cyclus rond is.

Binnen de cyclus zijn veel mogelijkheden beschikbaar voor terugkoppelingen. Een heel interessante is het gebruik maken van beleidsmonitoring voor het effectief maken van de beleidsuitvoering. Dit gebeurt weinig. Met adequaat informatiebeheer is daaraan veel te doen.

### ***Disciplines en beleidsterreinen***

Om Integraal Kustzonebeheer tot stand te brengen is samenwerking tussen veel verschillende technische en/of wetenschappelijke disciplines en beleidsterreinen nodig. Ook dit is een principe dat gemakkelijk is opgeschreven, maar in de praktijk weerbarstig is. Het gaat namelijk om groepen die qua cultuur, gewoontes, informatiestructuur en werkwijze zeer verschillen.

Disciplines als hydrodynamica, morfologie, ecologie, gedragswetenschappen, economie zullen hun kennis moeten inbrengen. En de integrale analist zal die kennis moeten kunnen invoegen in zijn multidisciplinaire aanpak zodat goede afweging bij besluiten mogelijk wordt. Dat vergt het uiterste van informatiebeheer.

Ook de verschillende beleidsterreinen hebben zo hun cultuurverschillen. De meer civieltechnische cultuur bij beheerders van de waterkeringen verschilt bijvoorbeeld van de ruimtelijke ordenaars en ook weer van de havenautoriteiten. Ze hebben allemaal zo hun eigen kentallen om hun beleid in de gaten te houden.

### ***Betrokkenen***

Bij Integraal Kustzonebeheer zijn als het goed is ook veel verschillende belanghebbenden betrokken. Kustzones zijn dichtbevolkte gebieden met veel economische activiteiten (havens, visserij, industrie, recreatie, etc.). Bewoners en bezoekers (recreanten) willen graag een aangename leefomgeving en een optimale bereikbaarheid. Natuur- en milieuorganisaties maken zich terecht grote zorgen over de druk op de unieke (gradiënten) ecotopen en kwetsbare leefgemeenschappen. Om deze groepen bij het vormen van beleid en het in de gaten houden van de ontwikkelingen te betrekken is de beschikbaarheid van aangepaste informatie essentieel. En om de schijn van manipulatie te vermijden is openheid en transparantie geboden.

### ***Informatiebeheer***

In bovenstaande karakteristiek van integraal kustzonebeheer dringt de noodzaak van adequaat informatiebeheer zich al op. Sterker, het is één van de noodzakelijke voorwaarden om integraal kustzonebeheer te kunnen realiseren. Zonder informatiebeheer gaat tussen de fases van de beleidscyclus cruciale kennis en ervaring verloren en zal van voortschrijdend inzicht weinig sprake zijn. Samenwerking tussen disciplines, beleidsterreinen en belangengroepen is niet mogelijk als ze elkaars informatie niet beschikbaar krijgen in een ook voor hen begrijpelijke en bruikbare vorm. En betrokkenheid van burgers, bedrijfsleven en belangenorganisaties blijft zonder toegesneden informatievoorziening hangen in desinteresse en onbegrip.

## **2. Informatiesystemen**

In de titel van dit artikel ligt de nadruk op informatiesystemen. De onderliggende gedachte is een adequaat informatiebeheer. Het gaat uiteindelijk om het beschikbaar hebben en houden van op de meervoudige doelen en doelgroepen toegespitste informatie, ter ondersteuning van participatief beleid en beheer. Zoals zal blijken is een duurzaam informatiebeheer afhankelijk van ondersteunende ICT-instrumenten.

In het voorgaande hoofdstuk is duidelijk geworden dat bij Integraal Kustzonebeheer veel soorten activiteiten, veel verschillende disciplines en beleidsterreinen en verschillende belangengroepen betrokken zijn. De informatiebehoefte varieert per activiteit en groep en varieert ook in de tijd. Toch gaat het steeds om hetzelfde kustgebied en veelal om informatie over dezelfde fenomenen.

Goed beheerde en goed beschikbare informatie zorgt voor samenhang tussen alle losse elementen die bij Integraal Kustzonebeheer aan de orde zijn. Het informatiesysteem vormt zo de ruggengraat van integraal beleid en beheer: het geeft stevigheid en samenhang tussen de onderdelen en het herbergt de zenuwbanen waarlangs informatie wordt uitgewisseld.

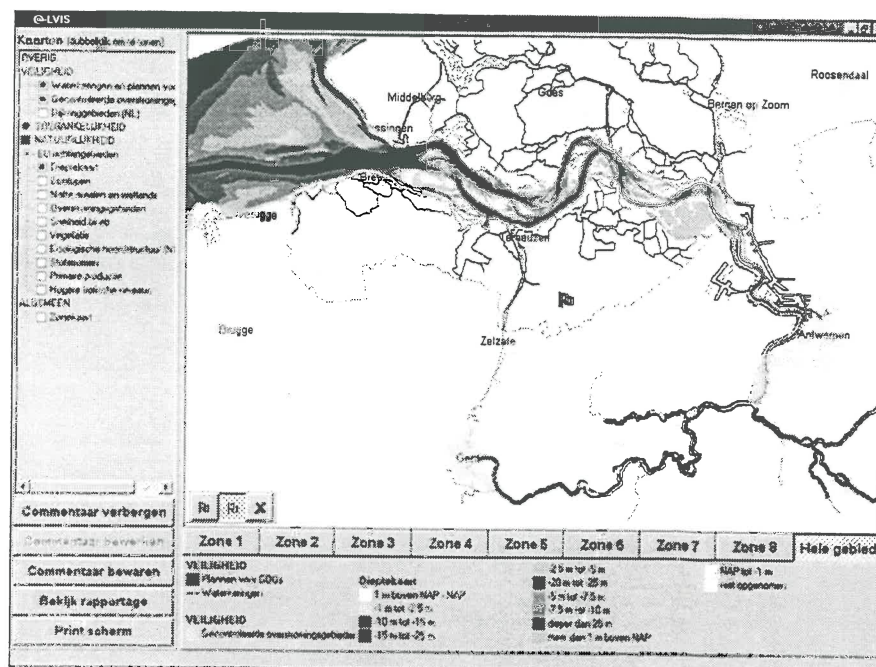
Aan de hand van enkele voorbeelden worden de verschillende functies van adequaat informatiebeheer en de ondersteunende systemen geïllustreerd.

### ***Weten wat er gaande is: beleidsmonitoring***

Een eerste vereiste voor integraal beheer is *weten wat er gaande is*. Het gaat dan grofweg over twee soorten informatie:

- Informatie over de toestand van het systeem. Hoe staat het met waterkwaliteit, flora en fauna, scheepvaartkarakteristieken, morfologie, extreme waterstanden, omvang van de bevolking, aantallen bezoekers, etc., etc? Toestandskennis.
- Informatie over activiteiten (projecten). Hoe staat het met de voortgang van voorgenomen activiteiten, wie werken mee en tegen, ontstaan er nieuwe plannen, wie hebben er belangen en wie belangstelling, welke verandering veroorzaken de projecten in de toestand? Proceskennis.

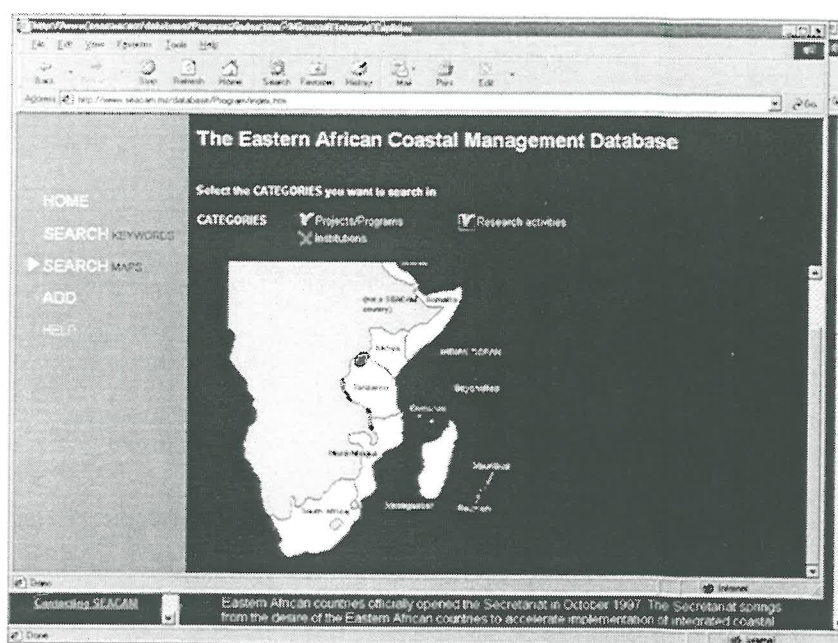
Een voorbeeld van een systeem waarin toestandskennis is geïntegreerd en gepresenteerd is ontwikkeld in het kader van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium. In het begin van dat project hebben groepen Nederlandse en Vlaamse deskundigen hun kennis over het systeem verzameld, met elkaar besproken en vastgelegd in een zogenaamde "Situatieschets korte termijn". Tijdens dit proces is al het beschikbare kaartmateriaal uit Nederland en Vlaanderen geïntegreerd in @-Ivis 1.0. Een relatief eenvoudig instrument waarin kaarten kunnen worden gecombineerd en bekeken. Het systeem is op CD ROM toegestuurd aan een grote groep betrokkenen, die de kennis konden gebruiken, maar ook verifiëren en becommentariëren. Het systeem liet namelijk toe om op elke kaart op een willekeurige plek "vlaggetjes" te plaatsen en daar een commentaarveld te vullen. Dit commentaar wordt in een gegevensbestand verzameld en kan per e mail naar het centrale gegevensbestand worden verzonden.



In het vervolg van het project is een @-Ivis 2.0 verschenen. Deze @-Ivis bevatte vooral de Langetermijnvisie zelf en alle gebruikte documenten en onderzoeksrapporten. Dezelfde informatie is ook op de website van het Schelde Informatie Centrum (SIC) consulteerbaar.

Een voorbeeld van een instrument voor het beheren van proceskennis is de data base van SEACAM (Secretariat for East Africa Coastal Area Management). Dit instrument draait op het Internet ([www.seacam.mz](http://www.seacam.mz)) en bevat meta-informatie over projecten, onderzoek, activiteiten en spelers in integraal kustzonebeleid (ICZM) in Zuidoost-Afrika. Iedereen kan informatie toevoegen aan het systeem. De nieuwe informatie (of de update van bestaande) wordt op het secretariaat gechecked alvorens het aan de data base wordt toegevoegd. Verschillende zoekingen maken het zoeken naar relevante informatie gemakkelijk. Het systeem is drie jaar geleden opgeleverd en is nog steeds actief in gebruik. Het wordt in de regio beschouwd als een van de meest succesvolle ICZM-projecten.





### ***Informatie optimaliseert beleidsuitvoering***

Naar mate van een systeem meer bekend is kunnen activiteiten in dat systeem doelgerichter en effectiever worden uitgevoerd. Beleidsmakers bedenken maatregelen, waarvan ze verwachten dat een ontwikkeling in de gewenste richting daarmee wordt bevorderd. Als het goed is, wordt dat goed bestudeerd en zijn de verwachtingen terecht hoog gespannen. Het ligt dan voor de hand om tijdens de uitvoering van maatregelen goed in de gaten te houden of de gewenste ontwikkelingen inderdaad optreden. En ook of het geld – van de belastingbetaler - wel effectief en efficiënt wordt ingezet. Met andere woorden: serieuze beleidsuitvoering wordt ondersteund door permanente evaluatie van voortgang en optimalisatie van ingezette middelen.

Een voorbeeld dat enigszins in de buurt komt van zo'n systeem komt niet uit het kustbeheer, maar uit het beheer van de rivier de Waal. De Waal is een hoofdtransport-as voor goederenvervoer over water. Daartoe moet deze vaarweg bij een bepaalde overeengekomen laagwaterstand een breedte hebben van 170 m en een diepte van 2,80 m. Om dat te bereiken moeten jaarlijks grootschalige baggerwerken worden uitgevoerd. Eerst na de hoogwaters om het profiel weer enigszins op orde te krijgen, later tijdens het laagwaterseizoen om knelpunten op te ruimen.

De directie Oost-Nederland van Rijkswaterstaat heeft een beslissingsondersteunend systeem laten ontwikkelen dat helpt bij het plannen (en aanbesteden) van die baggerwerken. Dit zogenaamde *BOS Baggeren* wordt gevoed met een groot aantal gegevens: dagelijkse metingen en voorspellingen van de waterstanden langs de Rijn, regelmatig uitgevoerde (multibeam) dieptepeilingen van het Nederlandse deel van de Rijn en Waal bovenstrooms van slot Loevestein en meteorologische voorspellingen. In het systeem zijn al opgenomen de karakteristieken van de rivier, gegevens over kabels en leidingen, karakteristieken van de binnenvaartvloot, etc. Op basis van die gegevens kan de beheerder verschillende baggerstrategieën samenstellen en laten doorrekenen op volumes te baggeren sediment, verwachting van het tempo waarin aanzandingen weer zullen plaats vinden en de kosten en baten van het werk voor de scheepvaart. Daarmee is optimalisatie van het werk mogelijk. Tegelijkertijd worden in de loop van een jaar waardevolle gegevens verzameld en vastgelegd die zich prima lenen voor evaluatie achteraf.

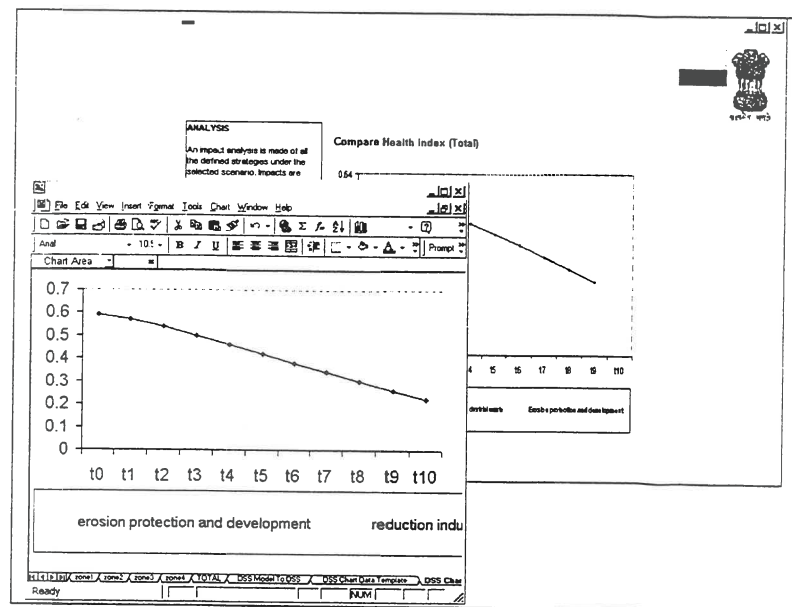




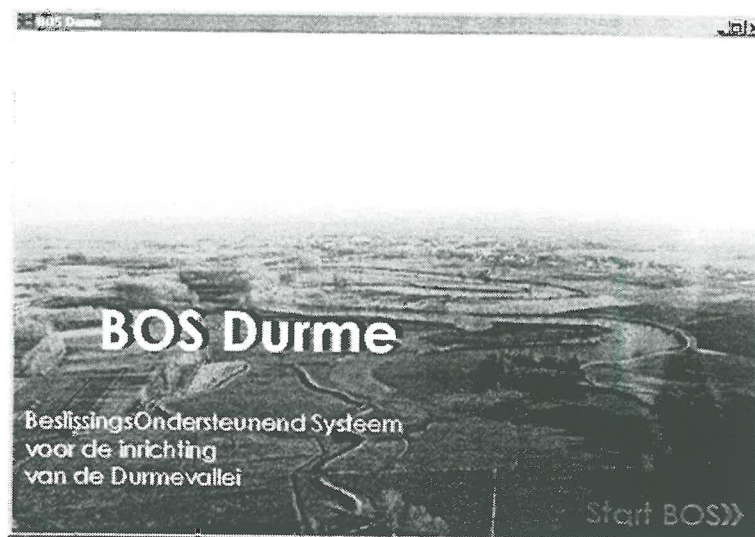
In de jaren negentig zijn allerlei initiatieven genomen om zogenaamde beslissingsondersteunende systemen te ontwikkelen, speciaal bedoeld voor beleidsontwikkeling. Het idee was dat koppeling van modelsystemen onder een gebruikersvriendelijke gebruikersschil "de beleidsmaker aan de knoppen" van het analysesysteem zou krijgen. En dat daarmee de kloof tussen wetenschap en beleid gedicht zou kunnen worden. Voorbeelden van dergelijke systemen zijn het Wadbos (Waddenzee), het Rivieren DSS (Rijntakkensysteem), Estuary DSS (Westerschelde en Yangtze) en het WINBOS (IJsselmeer). Dat optimisme is inmiddels getemperd. Met name de lange voorbereidingstijd, parallel aan de beleidsontwikkeling, gevolgd door beperkt gebruik maakt het rendement relatief laag.

Systemen die een gebied als systeem beschrijven en die flexibele mogelijkheden hebben om verschillende soorten analyses te doen, zoals bijvoorbeeld het WadBOS, hebben het grootste rendement. De ontwikkeling van flexibele systemen, die niet gebaseerd zijn op zware modellen, maar gebruik maken van lichtere modelleersystemen komen meer in zwang. Een voorbeeld daarvan is het analysesysteem dat ontwikkeld is voor een plan voor integraal beheer van de 70 kilometer lange kustzone ten noorden en ten zuiden van Chennai (Madras) in Zuid-India (ICMAM). Het systeem beschrijft de belangrijkste elementen van besluitvorming (verschillende mogelijke constructies voor

kustbescherming met kosten van aanleg en onderhoud, uitbreidingen van de haven en ontwikkeling van een satelliet haven, demografische en industriële ontwikkeling, aanleg van rioolwaterzuivering en invloed op waterkwaliteit, etc.) en legt een relatie tussen al die elementen (havenuitbreiding trekt industrie aan en bevordert werkgelegenheid en economische groei, zuiveren van rioolwater legt beslag op overheidsmiddelen maar geeft een betere waterkwaliteit en extra inkomsten uit visserij en aquacultuur). Door deze "kruisrelaties" in een model te stoppen (cross impact model) kunnen trends berekend worden per element van besluitvorming zonder dat daarvoor zeer gedetailleerde informatie nodig is (bijvoorbeeld installatie van 60% van de volledige waterzuivering capaciteit levert 80% van de gewenste niveau verbetering waterkwaliteit).



Lichtere modellen of eenvoudiger versies van complexe modellen maken een wisselwerking mogelijk tussen het denken over beleid en de inhoudelijke onderbouwing daarvan. Een voorbeeld daarvan is het BOS Durme, een instrument dat ingezet wordt bij de herinrichting van de Durme vallei met het creëren van waterbergingscapaciteit als een van de doelstellingen in het kader van het SIGMA-plan voor de beveiliging van het Scheldebekken tegen wateroverlast. Er wordt gewerkt aan een gedetailleerd model dat de gevolgen van ingrepen zichtbaar kan maken, en dat rekening moet houden met de hydrodynamische koppeling met de Schelde. Het BOS Durme is gebaseerd op een vereenvoudigde versie hiervan dat alleen de belangrijkste trends reproduceert, aangevuld met een licht model dat de socio-economische en planmatige gevolgen in kaart brengt. Dit model is snel aan te passen aan nieuwe inzichten en vormt zo een afspiegeling van de inhoudelijke kennis van dat moment. Het BOS zelf biedt beleidsmakers een grote vrijheid om een strategie te formuleren en presenteert vrijwel direct de gevolgen (in grote lijnen) daarvan. Zij kunnen daarmee in een vroeg stadium een inhoudelijk onderbouwde keuze maken voor de meest veelbelovende opties en daarmee de analyseinspanningen bijsturen.



☐ Introductie
 ☐ Probleempunten & mogelijkheden
 ☒ Doelen & criteria
 ☐ Strategie & beleidsalternatieven
 ☐ Analyse van voorkeuren
 ☐ Evaluatie van strategieën

Mak te E een strategie door dichthoogte te kiezen of selecteren

☒ Kies strategie  
☐ Maak strategie

Doel	Criterium	Indicator Naam	Waarde	Tekst	Waarde_1
3	Doelstelling		1		
4	Beleidsrichting		1		
5	Waardevol		1		
6	Gerichtplan	Getal dat niet wijkt af van de richting van het gewestplan	0		AC(1,0)
7	Monitorings		1		
8	Impact lokale leefomgeving		1		
9	Ontwikkelingen	Ward getallen die omhoog of omlaag zijn door de afwijking van de strategie	0		AC(1,0)
10	Verduidelijking	Ward getallen die omhoog of omlaag zijn door de afwijking van de strategie	0		AC(1,0)
11	Adaptatievermogen	Ward getallen die omhoog of omlaag zijn door de afwijking van de strategie	0		AC(1,0)
12	Impact sociaal milieu		1		
13	Lokaal milieusysteem	Ward getallen die omhoog of omlaag zijn door de afwijking van de strategie	0		AC(1,0)
14	Totale bijdrageaspect	Ward getallen die omhoog of omlaag zijn door de afwijking van de strategie	0		AC(1,0)
15	Kosten-effectiviteit		1		
16	Realisatie van beleid	Ward getallen die omhoog of omlaag zijn door de afwijking van de strategie	0		AC(1,0)



Een ander voorbeeld is het Rapid Assessment Programme (RAP). Dit is een methode en een software-instrument waarmee een systeembeschrijving gemaakt kan worden in direct overleg met bij een project betrokken groepen. De methode begeleidt de gebruiker bij de analyse van de elementen van een probleem (welke elementen zijn te onderkennen, welke zijn belangrijk en hoe beïnvloeden zij elkaar onderling) en de relaties daartussen. Op grond daarvan wordt ook het formuleren van beleidsopties (maatregelenpakketten) en beoordelingscriteria ondersteund. Met het kwalitatieve systeemmodel dat zo wordt opgebouwd kan de afweging van beleidsopties onder verschillende externe scenario's al snel worden gedaan. Het RAP is inmiddels in zeer veel toepassingen gebruikt en heeft ook ten grondslag gelegen aan het "cross impact model" van het ICMAM project in India. Men zou het RAP een eerste stap kunnen noemen naar "participatief modelleren". Waarbij het vooral gaat om de relaties en niet om zeer gedetailleerde en dus dure gegevens.

Inmiddels neemt ook het gebruik van websites in de planvormingsfase van een project steeds meer toe. Meestal in gebruik als medium om de voortgang van een project bekend te maken. Informatie van de projectorganisatie naar de betrokkenen. Er ontstaan echter ook initiatieven om interactiever van het Internet gebruik te maken. Een voorbeeld is de projectwebsite van de Droogtestudie Nederland. Daarop wordt de voortgang van het project steeds bekend gemaakt en kunnen op gezette tijden specifieke discussies gevoerd worden. Ook binnen het Schelde-project, waarvan eerder het Durme DSS als voorbeeld genoemd is, functioneert een website. Nu dient deze vooral als doorgeefluik van informatie naar het publiek, later zal deze zich ontwikkelen naar interactiemedium met de doelgroepen.

### 3. Informatieplatform Schelde-estuarium

Bovenstaande voorbeelden zijn in de praktijk uitgevoerde eerste voorbeelden van instrumenten voor inventarisatie en uitwisseling van informatie. Daarmee is het laatste woord over ondersteunende informatiesystemen bepaald niet gezegd. De voorbeelden laten brokstukken zien van een compleet ondersteunend informatiesysteem. Hoewel een compleet systeem waarschijnlijk niet snel gebouwd zal worden in de praktijk, is het de moeite waard om na te denken over het functioneel ontwerp van zo'n systeem.

Een voor de hand liggende kans is het ontwikkelen van een informatieplatform voor het Schelde-estuarium. Er is rond het Schelde-estuarium veel gaande. Er is een Langetermijnvisie ontwikkeld en daarop voortgaand wordt concreet nieuw beleid voorbereid (strategisch MER en MKBA). Er wordt ook al langdurig gemeten langs en in de Schelde, vooral op het gebied van morfologie, waterbeweging en ecologie; er zijn dus al veel gegevens en dat programma wordt verder uitgebreid. Het beleid en beheer van het Schelde-estuarium is een typisch voorbeeld waar integraal beleid en beheer noodzaak is, omdat veel functies in het gebied tegelijk voorkomen. Hierbij wordt verwezen naar het mondingsgebied, waar naast de scheepvaartfunctie, recent ook groene (wind)energie een claim op het gebied heeft uitgeoefend tot grote ergernis van de visserij, die meent dat de kraamfunctie van het gebied in het gedrang komt.

Een dergelijk informatieplatform zou een gezamenlijke Nederlands-Vlaamse ontwikkeling kunnen zijn, waarin het beste van twee tradities kan worden verenigd. De spin-off naar andere Europese regio's van zo'n internationaal initiatief zal groot kunnen zijn, tot voordeel van beide landen.



Zo'n informatieplatform Schelde-estuarium zou op hoofdlijnen aan onderstaande doelstellingen moeten voldoen.

- Informatie over de beleidsdoelen, uitgewerkt in subdoelen en criteria, aan de hand waarvan het beleid kan worden gevolgd en geëvalueerd.
- Registeren, zoeken, analyseren, ontsluiten en presenteren van voor het integrale beleid en beheer relevante onderzoeks- en monitoringsgegevens; ondermeer trendanalyse.
- Registeren, ontsluiten, zoeken en presenteren van voor het beleid en beheer relevante "meta-gegevens", dat wil zeggen gegevens over projecten, betrokken instanties en personen, onderzoeken, initiatieven, agenda's, etc.
- Ondersteunen en stimuleren van discussies over voor het beleid en beheer relevante onderwerpen.
- Toetsbaar maken van ingezet beleid en beheer door het inzichtelijk maken van de doelen en de voortgang tonen op basis van een slim ontworpen set evaluatiecriteria.
- Toegang bieden tot websites van lopende activiteiten en projecten.
- Gelegenheid bieden aan belangstellenden om zelf "te spelen" met het systeem, waardoor discussies met inzicht en op basis van gedeelde kennis kunnen worden gevoerd.
- 

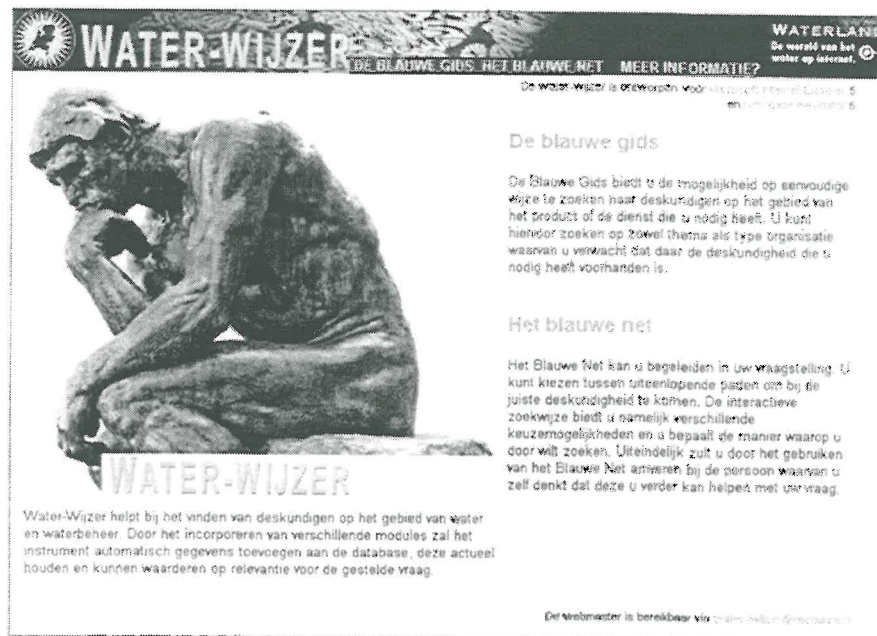
#### **Gegevensarchief**

Om werkelijk een ruggengraat te worden zal het systeem moeten worden opgebouwd rond een slim archiveringssysteem met een flexibele structuur. Zo'n archief heeft alleen een meerwaarde als het op inhoudelijke gronden een selectie uit de beschikbare informatie kan maken om een zoekvraag te beantwoorden, en als het in staat is aan te haken bij informatie die toch al geproduceerd wordt. De ervaring met het opzetten van internetportalen leert dat het bij elkaar brengen van veel informatie alleen niet voldoende is: bezoekers verdwalen gemakkelijk waardoor het doel – overzicht creëren van de relevante informatie – niet bereikt wordt. Daarnaast zijn vrijwel alle pogingen vastgelopen om gegevensbestanden in de lucht te houden die informatie van elders reproduceren wegens zeer hoge onderhoudskosten op de langere termijn. Belangrijkste oorzaak daarvoor is dat de leveranciers van de originele gegevens geen of onvoldoende belang hebben bij een extra inspanning om de gereproduceerde gegevens bij te werken; die taak komt bij de redactie van het archief terecht en neemt sterk toe met de omvang van het archief.

Het succes van het platform staat of valt met het verkrijgen en bijhouden van de benodigde informatie in de juiste context. Daartoe moet het voor de leveranciers aantrekkelijk gemaakt worden om een bijdrage te leveren. Dat kan door de drempel om informatie te leveren laag te maken, waar mogelijk gebruik te maken van bestaande informatie, en door aan te sluiten bij werkzaamheden die toch al gedaan moeten worden. Belangrijker is nog dat de leverancier iets terug krijgt: contacten, informatie of privileges die helpen bij het uitvoeren van zijn werk of bijdragen aan persoonlijke ontwikkeling.

Een deel van deze voorwaarden kan via technische middelen bereikt worden. Gegevens die ergens op het Internet beschikbaar komen zouden door het systeem automatisch moeten worden getraceerd en opgehaald of ontsloten. Na afspraken met dataleveranciers en met een slimme zoekmachine is het mogelijk deze gegevens in de goede context te plaatsen. Als het aanleveren van informatie samenvalt met projectwerkzaamheden die de leverancier toch al moet doen, valt te denken aan het gebruik van een standaard document waarmee enerzijds informatie wordt geleverd, maar dat tegelijkertijd een voortgangsrapport voor de activiteit oplevert. Na verloop van tijd zou door het gebruik van dergelijke systemen een tendens naar standaardisering heel goed kunnen ontstaan.

Een voorbeeld van een systeem in ontwikkeling dat een dergelijke functionaliteit gaat krijgen is de "Waterwijzer". De Waterwijzer is een gevensbank en zoekstelsel voor deskundigen en onderzoeksactiviteiten op het gebied van water. Nu is het nog een associatief zoekstelsel. Binnenkort worden instrumenten aangesloten waarmee het automatisch updaten wordt geïntroduceerd.



Een manier om leveranciers te compenseren voor hun inspanning is om hen toegang tot informatie of nieuwe contacten te bieden, door hen lid te laten worden van een (virtuele) groep met gemeenschappelijke interesses. Het platform biedt inhoudelijke (bijvoorbeeld recent verschenen rapporten) en procesmatige gegevens (agenda's, actielijsten) aan op basis van hun profiel, en stelt hen in staat direct of via het platform met elkaar in contact te treden. Als de voor- en nadelen van het lidmaatschap voor elke betrokkene in balans zijn kan het systeem uitgroeien tot communicatieplatform, waardoor het archief autonoom kan uitgroeien tot portaal voor alle relevante informatie. Daarnaast kan het dienen als katalysator voor interactie tussen verschillende doelgroepen op basis van inhoudelijke raakvlakken.

### **Beleidsontwikkeling**

Een tweede stap in de ontwikkeling van het Informatieplatform Schelde-estuarium zou het ontwikkelen van een projectsite voor de MKBA en het Strategisch MER kunnen zijn. Daarop zouden plannen en agenda's een plaats moeten krijgen, kunnen de doelstellingen en beoordelingscriteria bediscussieerd worden, kunnen betrokkenen ideeën voor projectonderdelen aandragen, kunnen beleidsalternatieven interactief worden ontworpen, besproken en beoordeeld. Natuurlijk zal het project zich niet volledig op de website afspelen, maar de openheid en transparantie die het oplevert kan het project zeer veel goed doen.

De projectsite zal al gauw gebruik maken van de gegevens in het data-archief, waarmee interactie ontstaat tussen de delen. Door het archief te structureren op basis van inhoud, doelgroep en functie in het proces van beleidsontwikkeling kan de projectsite de bezoeker een relevante selectie uit de beschikbare informatie bieden, met

doorverwijzingen naar achtergrondgegevens. Het aanbieden van informatie op maat is een belangrijke succesfactor voor de projectsite, waarmee het zich onderscheidt van standaard zoekmachines. Het stelt mensen in staat effectiever met informatie om te gaan en daarmee een beter inzicht te krijgen in de gevolgen van beleidsvoornemens. En de informatie over de beleidsontwikkeling is het begin van het ontwikkelen van een beleidsmonitoringsdeel dat de implementatie van het beleid gaat volgen.

### ***Dynamisch beheer***

Het Schelde-estuarium is een zeer dynamisch gebied. Onafhankelijk van de beslissing die over de toekomst van het estuarium genomen zal worden, het is zeker dat er veel onzeker zal zijn over het gedrag van het estuariumstelsel. Het zal dus nodig zijn om bij het doen van ingrepen en bij het operationele beheer zeer goed in de gaten te houden hoe het stelsel verandert, zodat daar snel op kan worden ingespeeld. Hoe zal het meergeulensysteem in de Westerschelde zich houden onder extra verdieping, of bij een gewijzigd stortbeleid? Ook bijvoorbeeld de ontwikkeling van natuurwaarden zal nauwkeurig moeten worden gevolgd. Een integrerend informatiesysteem is daarvoor nodig.

### ***Participatie***

ICT maakt het mogelijk participatie van belangengroepen vorm te geven in een zeer vroeg stadium van een project. Ook kan het leiden tot kostenbesparing omdat ook met beperkte informatie zeer zinvolle uitspraken zijn te doen over hoofdlijnen van beleid. ICT kan helpen systemen transparant te maken en uitgangspunten en consequenties van beleidsvorming zeer helder te communiceren. Als mensen begrijpen waarover ze het hebben en wat ze willen ontstaat meer onderling begrip in de belangenafweging en neemt de kwaliteit van besluitvorming toe. Dit is de uiteindelijke missie voor ontwikkeling van informatiesystemen in het algemeen en in kustbeheer in het bijzonder.

## **4. Samenvatting**

In een ideale situatie beslaat Integraal Kustbeheer de complete beleidscyclus: beleid ontwikkelen – implementeren – monitoren en evalueren – beleid bijstellen, etc. In de praktijk worden veel elementen uit die cyclus wel aangetroffen, maar meestal niet in een samenhangende vorm. Daarvoor zijn veel oorzaken te benoemen; een belangrijke is geen of een gebrekkige informatiestructuur. Voor samenhang en continuïteit in het cyclische proces is een goed gestructureerd en goed toegespitst informatiebeheer een noodzakelijke voorwaarde.

Het informatiebeheer ondersteunt de verschillende fasen in de beleidscyclus en moet daarop ook ontworpen zijn. Dat vergt afstemming op onderzoekers, beheerders, beleidsmakers, belanghebbenden en misschien zelfs publiek. De snelle ontwikkelingen in Informatie- en Communicatietechnologie (ICT) creëren snel mogelijkheden om adequaat informatiebeheer te ondersteunen. Adequaat informatiebeheer zonder ICT-ondersteuning is nauwelijks denkbaar.

Onderdelen van die ICT-ondersteuning zijn al eens gerealiseerd. Voorbeelden - ondermeer uit de adviespraktijk van Resource Analysis - illustreren de mogelijkheden en ontwikkelingen.

Er zou op heel korte termijn begonnen moeten worden met het ontwerpen en bouwen van een informatiebeheersysteem voor het Schelde-estuarium. Dat in de loop der jaren op te bouwen systeem kan tegelijk dienen als studieobject. Dan kan er op een systematische manier ervaring en kennis opgedaan worden met informatiesystemen als ruggengraat voor integraal kustzonebeheer.

